

UNIVERSIDADE DE SANTIAGO DE COMPOSTELA
FACULTADE DE CIENCIAS DA EDUCACIÓN
DEPARTAMENTO DE DIDÁCTICA DAS CIENCIAS EXPERIMENTAIS



PERFILES ARGUMENTATIVOS SOBRE LA TRANSFORMACIÓN DE
ENERGÍA ELÉCTRICA EN UNA RESISTENCIA ÓHMICA:
CURRÍCULO, LIBROS DE TEXTO Y PROFESORADO

TESIS DOCTORAL

Silvia Beatriz GARCÍA DE CAJÉN
Santiago de Compostela, 2007

El Dr. José Manuel Domínguez Castiñeiras, Profesor Titular de la Universidad de Santiago de Compostela,

HACE CONSTAR:

Que el trabajo que se recoge en la memoria titulada,

Perfiles argumentativos sobre la transformación de la energía eléctrica en una resistencia óhmica: currículo, libros de texto y profesorado,

fue realizado, bajo mi dirección, por la ingeniera Dña. Silvia García, en el Departamento de Didáctica das Ciencias Experimentais de la USC, y que informa favorablemente su presentación como tesis de doctorado para la obtención del grado de Doctor por parte da interesada.

Santiago, 3 de Septiembre de 2007

Dr. José Manuel Domínguez Castiñeiras

A José Luis, a Facundo y a mis padres

AGRADECIMIENTOS

La realización de este estudio, ha sido posible gracias a tanta ayuda que he recibido de personas e instituciones, expresada de tantas maneras. Quiero expresar mi más sincero agradecimiento a la totalidad, que quedan representados a través de los que alcanzo a poner de manifiesto,

A la Universidad de Santiago de Compostela (USC), Facultad de Ciencias de la Educación, Departamento de Didáctica das Ciencias Experimentais, Programa de Doutoramento 2160-02-1, Proyecto Actividades Abiertas (Ac.Ab.) y Proyecto Razonamiento, Discusión y Argumentación (RODA).

A la Universidad Nacional del Centro de la Provincia de Buenos Aires (UNCPBA), Facultad de Ingeniería, Departamento de Profesorado de Física y Química, Grupo de Investigación de Didáctica de las Ciencias Experimentales (GIDCE).

Al Convenio de Cooperación conjunta entre la USC (España) y UNCPBA (Argentina). Sus precursores, Dr. Eugenio García-Rodeja Fernández y Lic. Mario Castro.

Al Dr. José Manuel Domínguez Castiñeiras. Su invalorable dedicación a mi formación en la investigación de la Didáctica de las Ciencias Experimentales y a la Dirección del presente estudio.

A instituciones educativas, a los profesores y profesoras, a quienes me acompañan en la labor de docencia e investigación en el ámbito educativo. Y a mis amigas.

A mis padres, Dominga Isabel y Rodolfo que, empezando el sendero en su Santiago del Estero natal, orientaron en el camino del estudio hasta llegar a éstos en la Universidad de Santiago de Compostela.

A mi esposo José Luis y a mi hijo Facundo, que comparten mi vida a la vez que escribo cada letra de esta memoria. Mientras tanto allanan el camino haciendo que mis sueños sean posibles.

*Cada uno de nosotros piensa sus propios pensamientos:
pero los conceptos los compartimos con nuestros semejantes.
En efecto, de lo que creemos somos responsables como individuos;
pero el lenguaje en que se articulan nuestras creencias son propiedad pública.*

Stephen Toulmin, 1977

ÍNDICE

INTRODUCCIÓN	1
CAPÍTULO 1	7
ORIGEN DE LA INVESTIGACIÓN E HIPÓTESIS	
1.1. Origen de la investigación	8
1.1.1. Carrera de Profesorado de Física y Química: Formación inicial	10
1.1.2. Actividad profesional e interacción con el profesorado	11
1.2. Relevancia de la investigación	16
1.2.1. Desde el ámbito de la Reforma Educativa Argentina	16
1.2.2. Desde el cuerpo teórico de conocimiento aceptado por la comunidad científica	20
1.2.3. Relevancia desde el ámbito del aprendizaje colaborativo	25
1.2.4. Relevancia desde el ámbito de la alfabetización científica y construcción de ciudadanía	26
1.2.5. De la propia problemática de la investigación	33
1.3. Problemas de investigación	48
1.4. Objetivos de la investigación	48
1.5. Hipótesis de trabajo	49
1.6. Plan de trabajo	50
CAPÍTULO 2	57
DISEÑO EXPERIMENTAL DE LA INVESTIGACIÓN Y MÉTODO	
2.1. Muestras	58
2.1.1 Currículo oficial	58
2.1.2 Libros de texto	61
2.1.3 Profesorado	64
2.2. Estrategia de recogida de información. Vaciado. Problema auténtico	68
2.2.1 El currículo oficial	68
2.2.2. Libros de texto	72
2.2.3. Profesorado: Problema auténtico	76
2.3. Estrategia de análisis de la información. Instrumentos	83
2.3.1. Referencial para el análisis del currículo oficial	83
2.3.2. Referencial para el análisis del discurso de los libros de texto y del profesorado	88
2.3.3. Referencial para el análisis de relaciones entre perfiles argumentativos del profesorado, de libros de texto y el currículo oficial	93
CAPÍTULO 3	97
CONTRASTE DE HT1: PERFIL ARGUMENTATIVO EN EL CURRÍCULO OFICIAL	
3.1. Análisis de los resultados a la luz del marco referencial sobre estrategias de razonamiento y argumentación	98
3.1.1. Lineamientos del Área de Ciencias Naturales	98
3.1.2. De la Estructura del Área de Ciencias Naturales y del Espacio curricular de Física	104
3.1.3. De los Procedimientos en la investigación escolar del mundo natural	119
3.1.4. De los procedimientos en las disciplinas del Área de Ciencias Naturales	126
3.2. Conclusiones e implicaciones	138
3.2.1. Sobre el tema investigado	138
3.2.2. Sobre el instrumento utilizado	140
3.3.3. Implicaciones en la enseñanza	140
3.3 Confirmación o no de la Hipótesis de Trabajo 1	141

CAPÍTULO 4	143
CONTRASTE DE HT2: PERFIL ARGUMENTATIVO DE LOS LIBROS DE TEXTOS	
4.1. Análisis del discurso sobre tratamiento, conceptos claves, leyes y actividades en relación con el fenómeno	144
4.1.1. Análisis del tratamiento del fenómeno de transformación de la energía. Su institucionalización	145
4.1.2. Análisis sobre la construcción de los conceptos claves para la argumentación del fenómeno	167
4.1.2.1. Construcción del concepto de Diferencia de Potencial (V)	167
4.1.2.2. Construcción de concepto de Corriente eléctrica e Intensidad de corriente (I)	178
4.1.2.3. Construcción del concepto de resistencia eléctrica (R)	193
4.1.2.4 Construcción de la Ley de Ohm	203
4.1.2.5 Construcción del concepto de Potencia eléctrica (P)	211
4.1.3. Análisis de actividades propuestas por los libros sobre el fenómeno	222
4.2. Análisis de episodios en la argumentación sobre el fenómeno	232
4.2.a. Textos de Educación Secundaria Básica (ESB) o EGB3	233
4.2.b. Textos de Educación Secundaria Polimodal (ESP)	258
De edición anterior a la Reforma	258
Editados durante la Reforma	281
4.3. Conclusiones e implicaciones	312
4.3.1 Sobre el tratamiento del fenómeno	312
4.3.2 Sobre el perfil argumentativo de la construcción de los conceptos claves y leyes que explican el fenómeno	314
4.3.3 Sobre el perfil argumentativo del fenómeno del problema auténtico	314
4.3.4 Sobre el Patrón Argumentativo de Toulmin (TAP)	315
4.3.5 Implicaciones para la enseñanza	317
4.4. Confirmación o no de la Hipótesis de Trabajo 2	318
 CAPÍTULO 5	 319
CONTRASTE DE HT3: PERFIL ARGUMENTATIVO DEL PROFESORADO	
5.1. Análisis y discusión de resultados del discurso del profesorado	320
5.1.1. Profesorado en formación inicial	321
5.1.1.a. Formación inicial: Estudio de episodios y comparación con referencial	321
5.1.1.b. Otras dimensiones de la co-construcción de argumentos, formación inicial	333
5.1.2. Profesorado en ejercicio	341
5.1.2.a. Instancia individual: Estudio de episodios y comparación con referencial	341
5.1.2.b. Otras dimensiones de la co-construcción de argumentos, instancia individual	373
5.1.2.c. Instancia en grupo: Estudio de episodios y comparación con referencial	377
5.1.2.c.1. Argumento de grupo, en Situación S ₁	379
5.1.2.c.2. Argumento de grupo, en Situación S ₂	396
5.1.2.c.3. Argumento de grupo, en Situación S ₃	415
5.1.2.d. Otras dimensiones de la co-construcción de argumentos, instancia en grupo	425
5.2. Conclusiones e implicaciones	438
5.2.1. Conocimiento sobre qué conocimiento utiliza y cómo lo utiliza el profesorado	440
5.2.2. Conocimiento sobre operaciones epistémicas en co-construcción argumentativa del profesorado	445
5.2.3. Conocimiento sobre la aproximación comunicativa del profesorado	448
5.2.4. Valor del registro de discurso de profesorado	454
5.2.5. Valor didáctico del problema	454
5.2.6. Implicaciones	455
5.3. Confirmación o no de la Hipótesis de Trabajo 3	455

CAPÍTULO 6	457
CONTRASTE DE HT4: RELACIÓN ENTRE PERFILES ARGUMENTATIVOS DEL PROFESORADO, DE LOS LIBROS DE TEXTO Y DEL CURRÍCULO OFICIAL	
6.1. Información sobre perfiles argumentativos investigados	458
6.1.1. <i>Perfil argumentativo del currículo oficial</i>	458
6.1.2. <i>Perfil argumentativo de los libros de texto</i>	460
6.1.3. <i>Perfil argumentativo del profesorado</i>	462
6.2. Relación entre perfiles argumentativos de profesorado y libros de textos	465
6.2.1. <i>Relación de enunciados</i>	465
6.2.2. <i>Relación de enfoques argumentativos</i>	471
6.2.3. <i>Relación de estructura argumentativa</i>	473
6.3. Relación entre perfiles argumentativos de profesorado y libros de texto, con el currículo oficial	479
6.3.1. <i>Sobre estrategias de argumentación</i>	481
6.3.2. <i>Sobre la dimensión cognitiva-lingüística y epistémica en la toma de decisiones basada en argumentos</i>	483
6.3.3. <i>Sobre la dimensión cognitiva-lingüística y epistémica en la toma de decisiones basada en argumentos</i>	486
6.3.4. <i>Integración de las distintas dimensiones del perfil argumentativo</i>	489
6.4. Conclusiones e implicaciones	492
6.4.1. <i>Sobre la relación entre perfiles argumentativos de profesorado y libros de texto</i>	492
6.4.2. <i>Sobre la relación entre perfiles argumentativos del profesorado, de los libros de texto, y de las directrices del currículo oficial</i>	492
6.4.3. <i>Sobre los instrumentos de análisis de la relación entre los perfiles argumentativos</i>	493
6.4.4. <i>Implicaciones</i>	494
6.5. Confirmación o no de la Hipótesis de Trabajo 4	496
CONCLUSIONES	497
BIBLIOGRAFÍA	505
a) Referencias Bibliográficas	505
b) Relación de bibliografía consultada con producciones del Departamento de Formación en Estudios de Tercer Ciclo en USC	527
ANEXOS	529
Anexo I: Información sobre Procedimientos en el currículo oficial	529
I.1. <i>Propósitos de enseñanza de contenidos procedimentales</i>	529
I.2. <i>Fundamentos de categorías procedimentales, en Bloque 5: Procedimientos del Área</i>	530
I.3. <i>Contenidos procedimentales de categorías del Bloque 5: Procedimientos del Área</i>	532
I.4. <i>Contenidos procedimentales en bloques disciplinares (B1-4)</i>	534
Anexo II: Instrumento de registro: problema auténtico y encuesta referencias de textos	541
Anexo III: Transcripción del discurso del profesorado, de la muestra investigada	543
III. 1. <i>Discurso del profesorado en formación inicial</i>	543
III. 2. <i>Discurso del profesorado en ejercicio</i>	549
III.2.1 <i>Discurso individual</i>	549
III.2.2 <i>Discurso grupal</i>	554

INTRODUCCIÓN

Se presenta aquí la memoria de Tesis Doctoral correspondiente a la investigación realizada en el marco del Programa de Doctorado “*Didáctica das Ciencias Experimentais e da Matemática*” (2160-02-1/2002-03), del Departamento de Didáctica de las Ciencias Experimentais de la Universidad de Santiago de Compostela.

La memoria de investigación está estructurada en seis capítulos. En ella se toma como objeto de investigación, el discurso del currículo oficial, de los libros de texto y del profesorado en formación inicial y en ejercicio, en relación con el tratamiento de una cuestión problemática centrada en la transformación de la energía eléctrica en una resistencia óhmica, en el contexto Plan Educativo 2004/2007 (DGCE, 2004) de la jurisdicción educativa de la Provincia de Buenos Aires (Argentina)

Se espera que de la investigación surjan resultados que permitan crear conocimiento sobre los perfiles argumentativos de los objetos de investigación mencionados.

Para orientar al lector de la memoria presentamos una sucinta caracterización de cada capítulo.

Capítulo 1

En este capítulo se contextualiza y justifica la presente investigación de Tesis Doctoral. Para ello hemos distinguido varios apartados:

En primer lugar se describe el *origen de la investigación*, poniendo de manifiesto las influencias que sobre la misma tienen el ejercicio profesional en la

formación Inicial y Permanente del profesorado que ejerce su función docente con alumnado adolescente de la ex Educación Secundaria y la actual Educación Polimodal, las nuevas ideas que emanan de la investigación en enseñanza de las ciencias y la reforma del sistema educativo que originó los *currícula* oficiales vigentes en la jurisdicción de la Provincia de Buenos Aires (Argentina), como también los cambios educativos que gradualmente se han puesto en marcha en el año 2007, en el mencionado contexto, con la implementación de la nueva Educación Secundaria (12 a 17 años).

Luego, se pone de manifiesto la *relevancia de la investigación* en el campo de la argumentación, en los *currícula* oficiales mencionados, en la literatura científica del área de didáctica de las ciencias, en la formación de profesorado de ciencias y en los libros de texto de consulta del alumnado de 12 a 17 años.

A continuación se plantean los principales *problemas de investigación* que se van a abordar, derivados de nuestro convencimiento de que para el aprendizaje significativo del conocimiento científico, es fundamental que los estudiantes desarrollen destrezas de argumentación y, en consecuencia, que el profesorado domine tales destrezas de manera que se destaque el carácter funcional de dicho conocimiento.

A partir de dichos problemas de investigación se establecen como *objetivos de la investigación* poner en evidencia las diferencias entre las estrategias de argumentación propuestas por la *currícula* oficial vigente, las estrategias de argumentación que se ponen de manifiesto cuando los profesores en formación y en ejercicio de la muestra objeto de investigación, resuelven un determinado problema relacionado con la transformación de energía eléctrica en una resistencia óhmica y las estrategias de argumentación que subyacen en los libros de texto que profesores de la muestra investigada recomiendan al alumnado de 12 a 17 años.

Tomando como base lo anterior, se formulan las *hipótesis de trabajo* de nuestra investigación y finalmente se procede a realizar el *plan de trabajo* a seguir para la verificación o refutación de las mismas. Plan que se representa sobre una V de Gowin.

Capítulo 2

En este capítulo se presenta el *diseño experimental* de la investigación, indicándose el fundamento y el diseño de los instrumentos utilizados para la recogida y el análisis de la información. Para ello hemos distinguido varios apartados:

En primer lugar se establecen las *muestras de investigación*, indicando las estrategias de su determinación, en relación con las posibilidades que brinda el contexto.

Seguidamente, se establece la *estrategia de recogida de información e instrumentos* para el estudio del currículo oficial y de los libros de texto, mediante un proceso de *vaciado* de contenidos procedimentales y conceptuales, organizando la información en tablas. A su vez, el discurso del profesorado se hace explícito mediante un *problema auténtico*, especialmente diseñado.

Finalmente se establecen las *estrategias de análisis de la información e instrumentos* para el análisis de la misma del currículo oficial, elaborando un marco referencial de las destrezas de razonamiento y argumentación, con determinación del criterio de aplicación a la información recogida.

En cuanto al análisis del discurso del profesorado y de los libros de textos, se elabora un esquema referencial de argumentación fundamentado en Toulmin.

Capítulo 3

En este capítulo se realiza el proceso de investigación de la Hipótesis de Trabajo 1 (HT1), que se refiere al Perfil argumentativo del currículo oficial. Se inicia con la caracterización de los documentos del currículo oficial que constituyen la muestra investigada, haciendo mención al marco referencial para el estudio interpretativo.

Se aplican las estrategias de tratamiento de los contenidos procedimentales vaciados de los Contenidos Básicos Comunes (CBC) y del Diseño Curricular de la Provincia de Buenos Aires del Área de Ciencias Naturales vigente y del material existente en la actualidad sobre el nuevo diseño que se comenzó a implementar en 2007, realizando el análisis de los resultados a la luz del marco referencial sobre estrategias de razonamiento y argumentación.

Finalmente se elaboran las conclusiones respecto a la HT1 en relación con los perfiles argumentativos del Currículo Oficial y se explicita la confirmación o no de la Hipótesis 1.

Capítulo 4

Este capítulo corresponde a la realización del proceso de investigación de la Hipótesis de Trabajo 2 (HT2), la cual se refiere al Perfil Argumentativo de los Libros de Texto. Se inicia con la caracterización de los libros de la muestra investigada, de los cuales se recoge información mediante la aplicación del *vaciado* de aquellas partes que hacen referencia al fenómeno de transformación de energía eléctrica en una resistencia óhmica.

Luego, el análisis del discurso se organiza en cuatro apartados,

1) En qué términos y cómo la bibliografía investigada argumenta sobre el fenómeno de transformación de la energía eléctrica en una resistencia óhmica. 2) Se identifica si alguna de las actividades propuestas acerca del fenómeno es similar al problema *auténtico* planteado. 3) Se ponen en evidencia aquellos argumentos que se utilizan para la construcción del conocimiento clave para la explicación del fenómeno. 4) Se procede al estudio de *episodios* de construcción de argumentos utilizando como herramienta de análisis el *Patrón argumentativo de Toulmin (TAP)* y la confrontación con los TAP referenciales de investigación.

Finalmente, se extraen las conclusiones sobre el perfil argumentativo de los libros de textos de la muestra investigada, refutando o corroborando la HT2.

Capítulo 5

En este capítulo se realiza el proceso de investigación de la Hipótesis de Trabajo 3 (HT3), que se refiere al Perfil argumentativo de profesorado.

Se inicia con la presentación de la estrategia de recogida de información del discurso del profesorado en formación inicial y en ejercicio, durante la resolución de un *problema auténtico*, especialmente diseñado.

Luego, se realiza el análisis y discusión de los resultados, identificando los *episodios* del discurso registrado y las argumentaciones del profesorado, de la

muestra investigada, sobre la resolución del problema auténtico planteado; comparando los resultados con TAP referencial de investigación.

Finalmente se elaboran las conclusiones respecto a la HT3 y se explicita la confirmación o no de la misma.

Capítulo 6

En este último capítulo se presenta el proceso de investigación de la Hipótesis de Trabajo 4 (HT4), que se refiere a la posible relación entre los perfiles argumentativos del currículo oficial, los libros de texto y el profesorado. Para ello se retoman los resultados obtenidos en el proceso investigativo de las HT1, HT2 y HT3.

Se enmarca dicho análisis en el perfil argumentativo que proponen los marcos teóricos del currículo oficial. A partir de este análisis es posible emitir conclusiones y comprobar o refutar la HT4.

Finalmente, y aunque en cada capítulo se han ido presentando conclusiones referidas a cada una de las hipótesis de investigación, se presenta una síntesis de *conclusiones del trabajo* que facilita componer una visión global sobre el *estado de la cuestión*.

CAPÍTULO 1

ORIGEN DE LA INVESTIGACIÓN E HIPÓTESIS

Para describir el origen de la investigación e Hipótesis, se ha procedido a contextualizar y justificar la presente investigación de Tesis de Doctorado, para lo cual se han distinguido apartados:

1.1. Origen de la investigación. Se describe el origen de la investigación, poniendo de manifiesto las influencias que sobre la misma han tenido el ejercicio profesional en la formación Inicial y Permanente del profesorado de alumnado de 12 a 17 años, experiencia de docencia en Educación Secundaria y Polimodal, las nuevas ideas que emanan de la investigación en enseñanza de las ciencias y la Reforma del sistema educativo argentino que originó los *currícula* oficiales vigentes desde 1995 hasta la actualidad en la jurisdicción de la Provincia de Buenos Aires (Argentina), como también el cambio de estructura educativa, puesto en marcha por la jurisdicción en el año 2007.

1.2. Relevancia de la investigación. Se pone de manifiesto la relevancia de la investigación en el campo de la argumentación en la literatura científica del área de didáctica de las ciencias, en los *currícula* oficiales de la República Argentina, en el profesorado y en los libros de texto.

1.3. Problemas de investigación. Se plantean los principales problemas que se van a abordar, derivados del convencimiento de que para el aprendizaje significativo del conocimiento científico, es fundamental que los estudiantes desarrollen destrezas de argumentación y, en consecuencia, que los libros de texto que consultan y el profesorado en formación y en ejercicio dominen tales destrezas de manera que se destaque el carácter funcional de dicho

conocimiento.

1.4. Objetivos de la investigación. Se pretende poner en evidencia las posibles relaciones entre las estrategias de argumentación propuestas por la Reforma Educativa, las estrategias de argumentación que se ponen de manifiesto cuando los profesores en formación y en ejercicio de la muestra objeto de investigación resuelven un determinado problema relacionado con la transformación de energía eléctrica en una resistencia óhmica, y las estrategias de argumentación que subyacen en los libros de texto que el profesorado de la muestra recomiendan a sus alumnos.

1.5. Hipótesis de trabajo. Tomando como base lo anterior, se formulan las hipótesis de trabajo de nuestra investigación.

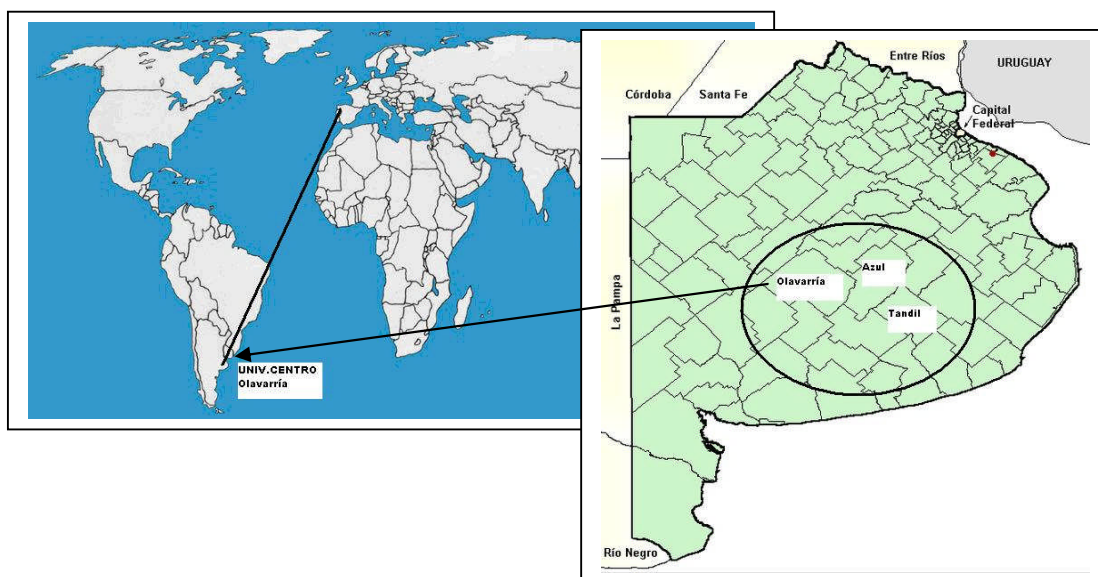
1.6. Plan de trabajo. Establecidas las hipótesis de trabajo, se procede a realizar el plan de trabajo a seguir para la verificación o refutación de las mismas. Los acontecimientos objeto de estudio, las preguntas sobre los mismos que han conducido a las hipótesis objeto de contrastación, el marco teórico y procedimental de la investigación, se relacionan mediante una V de Gowin que facilita una visión global de las claves de la Tesis Doctoral.

1.1. Origen de la investigación

La presente investigación, en el campo de la didáctica de las ciencias experimentales, tiene su origen en la conjunción de experiencias y motivaciones relacionadas con la experiencia profesional en los ámbitos de la enseñanza de la Física, en la Educación Secundaria anterior a la Reforma, en la vigente Educación Polimodal. También de su Didáctica Específica, en la formación Inicial y Permanente de profesorado de ciencias.

Se rescata como ámbitos significativos para el origen de la investigación, el ejercicio profesional en la carrera de Profesorado de Física y Química en Facultad de Ingeniería de la Universidad del Centro de la Provincia de Buenos Aires (cuya localización se indica en Mapa 1.1), en los Programas de Capacitación Docente, implementados en el marco de la Reforma Educativa a partir de 1995; la relación con Equipos Técnicos de la Región Educativa 25 integrados por especialistas de las ciudades del Centro de la Provincia, como son Azul, Bolívar, Olavarría y Tapalqué, que a partir de 2006 realizan capacitación docente para la nueva

Educación Secundaria. También la experiencia en la formación misma de adolescentes de Secundario y Polimodal desde hace veinticinco años.



Mapa 1.1: Localización de la Universidad del Centro en relación con USC y contexto de investigación, Olavarría, Provincia de Buenos Aires, Argentina

Cada ámbito constituyó una oportunidad para reflexionar sobre la problemática inherente al proceso de formación de adolescentes y de la formación inicial y permanente del profesorado. Todo ello, antes y durante la Reforma Educativa vigente y el nuevo cambio educativo propuesto por la jurisdicción, que a través del currículo oficial señalan líneas a seguir por el profesorado de ciencias que, entre otras responsabilidades, tiene que seleccionar contenidos e indicar al alumnado qué libros de texto consultar.

En este contexto se suscita el interés en averiguar **los perfiles argumentativos del currículo oficial, del profesorado en formación inicial y en ejercicio, y de los libros de texto del alumnado, en relación con el contenido de la transformación de la energía eléctrica en una resistencia óhmica.**

En esta problemática es posible distinguir diversas dimensiones relacionadas con la didáctica de las ciencias (la argumentación en ciencias), los factores implicados en el proceso de enseñanza (currículo, profesores y libros de texto), y con el contenido de la disciplina (transformación de la energía eléctrica en una resistencia óhmica).

1.1.1. Carrera de Profesorado de Física y Química: Formación Inicial

La Universidad Nacional del Centro de la Provincia de Buenos Aires, cuenta con Facultades en tres ciudades -Azul, Olavarría y Tandil- de la Región Centro.

Olavarría es sede de la Facultad de Ingeniería que en su oferta académica, además de diversas orientaciones de Ingeniería, se caracteriza por ofrecer carreras de formación inicial de profesorado de ciencias. Desde hace dos décadas la oferta está orientada a la formación de Profesorado de Física y Química (Rocha y García, 1993) y más recientemente de Licenciatura en Enseñanza de las Ciencias. En ambas carreras la autora de esta memoria desempeña docencia, en la formación Inicial y Permanente del profesorado, e investigación en el área de Didáctica de las Ciencias.

La Carrera de Profesorado de Física y Química tiene una duración de cuatro años, otorga título que habilita tanto para el ejercicio docente en la formación de adolescentes de 12 a 17 años de Tercer Ciclo de Educación General Básica y Educación Polimodal vigente, que según el cambio educativo implementado a partir de 2007, equivalen a la nueva Educación Secundaria, como así también para desempeñarse como formador de profesorado de ciencias en el ámbito de Educación Superior universitaria y no universitaria.

El diseño curricular de esta Carrera de Profesorado se caracteriza por desarrollar saberes disciplinares y pedagógicos desde primer año, siendo la Práctica de la Enseñanza el eje vertebrador de la Carrera (Bertelle y cols., 2006). De este modo la inserción del estudiante en el ámbito escolar tiene lugar durante toda su formación inicial.

En el contexto de las Didácticas Específicas de la Carrera de Profesorado se constituyó el Grupo de Investigación en Didáctica de las Ciencias Experimentales (GIDCE) que desde 1992, en el marco de un Convenio de cooperación conjunta, realiza investigación con el Departamento de Didáctica de las Ciencias Experimentales de la Facultad de Educación, de la Universidad de Santiago de Compostela (Galicia-España).

El GIDCE ha creado un Grupo Operativo de Didáctica de las Ciencias Experimentales (GODCE) en el que participan profesores en ejercicio que enseñan ciencias a estudiantes de 6 a 17 años. Las actividades realizadas con el

Grupo Operativo proporcionan información al Grupo de Investigación y contribuyen a la actualización y formación continuada de dicho profesorado.

Además de las actividades relacionadas con la docencia en la formación inicial y con la investigación educativa, la Carrera de Profesorado participa en actividades de capacitación y extensión, realizando numerosas y variadas propuestas destinadas a la formación permanente del profesorado de ciencias de la ciudad de Olavarría y Región Centro.

1.1.2. Actividad profesional e interacción con el profesorado

En las primeras líneas de este capítulo se sostiene que esta investigación representa la conjunción de experiencias y motivaciones relacionadas con el ejercicio de la enseñanza de la Física y de su Didáctica. Es oportuno entonces especificar qué aspectos y experiencias de la actividad profesional fundamentan la investigación.

1.1.2.1. Experiencia docente en el nivel Secundario y Polimodal

Si bien en un principio la actividad profesional de la investigadora se centró en la enseñanza de la Física en formación de ingeniería y profesorado, su carrera docente tiene una continuidad de veinticinco años en la enseñanza de Física y materias del área tecnológica en la formación de adolescentes de nivel Secundario y Polimodal, en escuelas de Enseñanza Técnica o con orientación en Ciencias Naturales.

Razones de formación académica en la especificidad Electromecánica hacen que la enseñanza de la Electricidad revista un carácter de preferencia. De la reflexión sobre las estrategias didácticas utilizadas en su enseñanza es posible identificar una primera etapa docente en la que prevalecen estrategias didácticas basadas en el cálculo y la resolución de circuitos eléctricos.

Frente al modelo didáctico tradicional, surgen modelos alternativos que se fundamentan en la pedagogía crítica, el constructivismo y el paradigma de *complejidad* (Bonil y col., 2005a, Bonil y col., 2005b). En el presente período 2005-2014, *Década de la Educación para el Desarrollo Sostenible*, instituida por las Naciones Unidas se instala la tendencia de ganar espacio en el diseño y

discurso de aula, la explicación de fenómenos, las problemáticas contextualizadas y las interacciones CTSA a modo de favorecer la formación de ciudadanía responsable preparada para la toma de decisiones sobre problemáticas que afectan a la humanidad (Solbes y col., 2004a; Solbes y col., 2005). Como ejemplo se podría citar las problemáticas sobre contaminación por campos electromagnéticos originados por líneas de alta tensión, la telefonía celular y la alfabetización sobre requerimiento energético de artefactos eléctricos de uso cotidiano, entre otros.

Esta evolución de perspectiva didáctica brindó un conocimiento más profundo de la realidad de aula y saberes de la actual adolescencia que aprende a utilizar el mundo tecnológico a su disposición, no justamente leyendo manuales, sino indagando sobre la operación del instrumento, cuestión simple de observar por un adulto cercano a adolescentes nativos de la cultura de las nuevas tecnologías de información y comunicación (NTIC). Retomando la cuestión eléctrica, por ejemplo -cuando en el taller de la Escuela Técnica se quema la resistencia de un soldador eléctrico- los alumnos de Secundario o Polimodal, con orientaciones técnicas, generalmente lo arreglan cortando parte de la resistencia. Desde esta experiencia ellos saben que luego el soldador calienta más, aunque no siempre saben cómo explicar el fenómeno.

De la interacción escolar con sus profesores es posible conocer que estos, cuando tienen formación en el campo de la ingeniería eléctrica, consideran casi obvia la cuestión referida al fenómeno de que una resistencia más corta calienta más, ya que lo explican utilizando las leyes de la electricidad. Especialmente establecen su razonamiento a partir de la expresión de la potencia $P=VI$.

Pero teniendo en cuenta que enseñar ciencias implica la elaboración de un discurso científico-escolar que es mucho más que un compendio de formulaciones matemáticas, surge el interrogante: ¿qué fundamento utilizará el profesorado de Física, en formación y en ejercicio, sobre este fenómeno de transformación de la energía eléctrica en una resistencia óhmica?

Nuevas líneas de investigación educativa avanzan tomando como problemática de estudio cuestiones sobre formación de profesorado inicial, principiante y con experiencia en el ejercicio de docencia (Valcárcel y Sánchez, 2000; Pro Bueno y cols., 2000; Domínguez Castiñeiras y cols., 2001; Mellado

Jiménez, 2003; Mellado Jiménez y cols., 2006), como se ha puesto en evidencia en simposios y comunicaciones del VII Congreso Internacional sobre Investigación en la Didáctica de las Ciencias. Educación científica para la ciudadanía (Angulo Delgado, 2005; Camargo y col. 2005; Junyent Pubill, 2005; entre otros). Otra línea que, en el marco de reformas curriculares, toma fuerza es el estudio de los nuevos currículos (Pro Bueno, 2007a, 2007b).

1.1.2.2. Ejercicio profesional en la Carrera de Profesorado de Física y Química

La docencia en Didáctica de la Física en la Carrera de Profesorado de Física y Química durante dos décadas, permitió conocer algunas ideas alternativas que tienen el profesorado en formación inicial respecto a contenidos de distintos campos de la Física y su Didáctica. Resulta complejo el problema que representa la responsabilidad de formar en la Enseñanza de la Física a personas adultas con formación universitaria en la disciplina, generalmente con convencimiento de dominio pleno del conocimiento disciplinar, y con formación indirecta sobre la didáctica específica, proveniente de vivenciar modelos de enseñanza que, aunque a veces los critican, tienden a reproducir en sus prácticas.

Durante la Didáctica específica, con vistas a su futura Residencia o Práctica de Carrera, el profesorado en formación inicial desarrolla un proyecto didáctico. La experiencia muestra que es minoría los que seleccionan contenidos del campo de la electricidad. Generalmente los proyectos, tienden a centrarse en actividades experimentales que priorizan la observación de los efectos de la corriente eléctrica o la medición de magnitudes eléctricas, si los destinatarios son estudiantes de 12 a 14 años de Tercer ciclo de Educación General Básica (EGB3), actual Educación Secundaria Básica (ESB), o bien proponen resolución de circuitos basado en cálculos, si el proyecto es para estudiantes de 15 a 17 años de Educación Polimodal vigente. La orientación y el acompañamiento personalizado al profesorado en formación inicial, ha permitido tomar contacto con la dificultad que representa transformar los proyectos en una oportunidad de operativizar conceptos, practicar razonamiento global sobre sistemas, lograr competencias de producir textos orales y escritos en el campo de la electricidad, entre otros aspectos de la práctica docente.

Sin duda, el ejercicio profesional en la formación inicial de profesorado de Física y Química fue terreno propicio para adquirir experiencia y conocimiento respecto a la complejidad de intentar reformular y/o enriquecer distintos aspectos del conocimiento disciplinar simultáneamente con la formación específica en Didáctica de Física. Tal que la problemática de la formación inicial de profesorado es motivo de estudio en diferentes contextos (Domínguez Castiñeiras y col., 2001; Bertelle y cols., 2006).

1.1.2.3. Experiencia en Investigación en Didáctica de las Ciencias Experimentales

La docencia en el Área de las Didácticas Específicas de la Carrera de Profesorado de Física y Química constituyó la clave que posibilitó dar los primeros pasos como aprendiz en el campo de la investigación en la Enseñanza de las Ciencias Experimentales. Fue un paso fundamental la firma del *Convenio* en 1992 (Bertelle y cols., 2003) de colaboración conjunta entre el Departamento de Profesorado de Física y Química de la Facultad de Ingeniería de la Universidad del Centro (Argentina) y el Departamento de Didáctica de las Ciencias Experimentales de la Facultad de Ciencias de la Educación de la Universidad de Santiago de Compostela (España), el cual otorgó el marco para que el profesorado de las Didácticas Específicas (Física y Química), se iniciase en la investigación educativa, con dirección externa del Grupo de Santiago.

En Olavarría decir Grupo de Santiago, es sintetizar en pocas palabras lo mucho que significaron y significan en el aprendizaje de la tarea investigativa el Dr. García-Rodeja Fernández, el Dr. Dominguez Castiñeiras, el Dr. Díaz de Bustamante, la Dra. Jiménez Aleixandre, la Dra. García-Rodeja, el Dr. Cajaraville Pegito y otros miembros del Departamento de Didáctica de las Ciencias Experimentales de la USC, quienes supieron dar vida, mantener y trabajar en continuidad el *Convenio* que a lo largo de más de una década sigue avanzando y afianzándose con hechos concretos como es la creación, en 1996, y continuidad de la Maestría y la Especialización en Enseñanza de las Ciencias Experimentales con sede en Olavarría (Provincia de Buenos Aires) y en Santa Fe (Provincia de Santa Fe) como emprendimiento conjunto (Cascarini, L. y cols., 2000; Bertelle y cols., 2003; Eyler y cols., 2003).

A través de estancias de investigación en la USC y de trabajos realizados en forma conjunta, surge la aproximación a líneas de investigación del Grupo de Santiago. Es posible entonces, identificar la influencia que el Proyecto de *Actividades Abiertas de Física (AcAb)*, dirigido por el Dr. Eugenio García-Rodeja Fernández (García Rodeja y cols., 1994), el Proyecto *Razonamiento, Discusión y Argumentación (RODA)*, dirigido por la Dra. María del Pilar Jiménez Aleixandre, y el Proyecto de *Diseño Curricular y Formación Docente* -del Grupo de Investigación en Didáctica de las Ciencias Experimentales de la Universidad del Centro- en el que se participa en calidad de integrante, tuvieron en el origen de la investigación que se realiza, eligiendo como temática la argumentación que surge en la resolución de una problemática que se relaciona con una actividad abierta de electricidad.

Toma así sentido la necesidad de conocer el estado actual del perfil argumentativo de los profesores en formación inicial y en ejercicio sobre contenidos que el currículo oficial señala enseñar en Física. Por razones indicadas con anterioridad se prefiere tomar el contenido del campo de la electricidad.

En encuentros con profesorado en ejercicio que participa del Grupo Operativo de Didáctica de las Ciencias Experimentales se identifica el problema que les representa explicar fenómenos y cuestiones relacionados con la potencia eléctrica. Es posible considerar que aquella cuestión citada sobre el calentamiento de la resistencia, es apropiada para generar una actividad mediante la que el profesorado en formación inicial y en ejercicio haga explícito su razonamiento y ponga en evidencia qué conocimiento científico y cómo lo utiliza para resolver una situación planteada.

El contacto con la realidad educativa y con la formación del profesorado ha suscitado también interés por uno de los recursos fundamentales utilizados en la enseñanza: los libros de texto que el profesorado recomienda consultar a su alumnado. Interés fortalecido por la importancia y *responsabilidad del Estado respecto a los libros de textos* (Giardinelli, 2006; Puiggrós, 2006a; Pradelli, 2006) que marca la gestión educativa de la jurisdicción de la Provincia de Buenos Aires (Puiggrós, 2006b).

La comunicación realizada en estos apartados referidos a la experiencia profesional, constituye un proceso de metacognición situada que otorga sentido y significado a la presente investigación didáctica.

1.2. Relevancia de la investigación

En este epígrafe se realiza una revisión de la literatura científica -en el marco general de la didáctica de las ciencias en que se sitúa la presente investigación en relación con la problemática de la argumentación, en el currículo oficial, en el profesorado y en los libros de texto- con el objetivo de señalar la relevancia de los problemas de investigación y profundizar en el estudio de los mismos desde diferentes ámbitos.

1.2.1. Relevancia desde el ámbito de la Reforma Educativa Argentina

Las reformas educativas en diferentes países parecen coincidir en que uno de los fines principales de la enseñanza de las ciencias en la etapa obligatoria es la *alfabetización científica*, relacionada con la formación de ciudadanos responsables que posean capacidad crítica a la hora de tomar decisiones. También en los documentos oficiales emanados de la Reforma de la Educación Argentina, vigente en la jurisdicción de la Provincia de Buenos Aires desde 1995, (DGCE, 1997c; MEC, 2000) y el nuevo cambio educativo propuesto por la citada jurisdicción (DGCE, 2006a), se pone énfasis en la misma finalidad.

Anterior a la Reforma de 1995, la estructura del sistema educativo argentino, consistía en un nivel Primario (6 a 12 años) obligatorio a cargo de profesorado, denominado maestro, con formación generalista obtenida en carreras de dos años de duración en instituciones de Educación Superior no universitaria, y en un nivel Secundario (13 a 17 años) con un diseño curricular donde la Física aparecía a partir de tercer año (15 a 17 años) a cargo de profesores con formación específica obtenida en carreras de cuatro años en Educación Superior universitaria o no universitaria. El currículo de esta Educación Secundaria tendía sobre todo a lo propedéutico, formar para los estudios superiores.

La Reforma vigente desde 1995 en la jurisdicción de la Provincia de Buenos Aires (Tabla 1.1), reestructura el sistema en dos niveles: Educación

General Básica (EGB), de 6 a 14 años y obligatorio; Educación Polimodal (POL), de 15 a 17 años.

El nivel EGB se divide en tres ciclos de tres años de duración cada uno: primer ciclo (EGB1), segundo ciclo (EGB2) y tercer ciclo (EGB3).

Tal Reforma también implicó cambios en las Carreras de Formación de profesorado en el nivel de Educación Superior. La formación inicial de profesorado para niños de 6 a 11 años pasó a tener una duración de tres años, mientras que para la franja de 12 a 17 años requiere profesorado con formación de 4 años, distinguiendo que de 12 a 14 años la formación es por Área, mientras que de 15 a 17 años es por disciplina.

Niveles de enseñanza	Ciclos	Edad o Duración
Educación General Básica (EGB) <i>Nivel Obligatorio</i>	EGB1	6 - 8 años
	EGB2	9 - 11 años
	EGB3	12 - 14 años
Educación Polimodal (POL)	-	15 – 17 años
Formación de Profesores de EGB1 y EGB2		3 años de duración
Formación de Profesores de Ciencias de EGB3 y Polimodal (FPC)	-	4 años de duración

Tabla 1.1: Niveles en el sistema educativo vigente desde 1995, en Provincia de Buenos Aires

Los tiempos de aplicación de la Reforma educativa, implicaron contemplar los derechos laborales del personal docente en ejercicio. De tal modo que mientras se implementó la Reforma en los distintos niveles, el ejercicio docente estuvo y, en algunos casos continúa, a cargo de los maestros del sistema anterior, mientras que en el Tercer ciclo (12 a 14 años) conviven maestros de Primario y profesores de Secundario del sistema educativo anterior, que realizaron capacitación docente en relación con un área de enseñanza.

Es posible observar (Tabla 1.2) cómo el Tercer ciclo de EGB (EGB3) representó, en cierta forma, la integración de cursos de los dos niveles anteriores a la Reforma. Esta característica representó nuevas problemáticas a resolver, entre ellas la formación de profesorado para estudiantes que inician la adolescencia.

Antes de la Reforma			Reforma 1995		
Edad	Nivel	Profesorado	Edad	Nivel	Profesorado
6-12	Primario	Maestro	6-8	EGB1	Generalista
			9-11	EGB2	Generalista
13-17	Secundario	Profesor	12-14	EGB3	Área
			15-17	Polimodal	Disciplina

Tabla 1.2: Reforma educativa de 1995: cambios de nivel y profesorado

El proceso de implementación de la Reforma fue diferente en las distintas provincias de Argentina. Mientras algunas lo hicieron de forma gradual o directamente no la aplicaron, la Provincia de Buenos Aires decidió su implementación simultánea en los primeros años de cada ciclo de EGB. Esto es: en 1996, implantó la Reforma en 1ro., 4to. y 7mo. año de EGB. De esta estrategia resultó, en 1999, la puesta en marcha el 1er. año de Educación Polimodal, nivel que tuvo sus primeros egresados en 2001.

La Reforma educativa estableció, como marco referencial de los saberes educativos, los Contenidos Básicos Comunes (CBC) acordados a nivel nacional (MCE, 1995, 1997a, 1997b, 1998). Estos fueron utilizados para la reformulación de los diseños curriculares de la jurisdicción de la Provincia de Buenos Aires, cuyo sistema educativo es de tan grande dimensión que supera a sistemas de muchos países. El relevamiento estadístico (DGCE, 2006f) del último año lectivo indica una matrícula total de 4.253.124 alumnos en 18.289 centros escolares de distintos niveles educativos, correspondiendo al nivel de 12 a 17 años, 773.944 alumnos y 6914 escuelas.

El nivel de concreción del currículo oficial continúa en el proyecto institucional que debe elaborar el centro escolar y luego con el proyecto de aula que realiza el profesorado, tomando como base los documentos oficiales.

Tras una década de implementación de la Reforma, algunos problemas se pusieron en evidencia. A modo de ejemplo, el problema de la formación de adolescencia de 12 a 15 años en el marco educativo de EGB3 que parecería contemplar más las características de niñez que pre adolescencia e inicio de adolescencia. Haciéndose eco de la situación, y en plena vigencia de los niveles

de la Reforma, la jurisdicción de la Provincia de Buenos Aires a partir de 2007 cambia gradualmente la estructura educativa implementando 1er. año de Educación Secundaria, nivel que alcanzará a completarse recién en el 2012, revistiendo carácter de obligatorio según la Ley Provincial de Educación (2007), de reciente sanción, que se corresponde con la nueva Ley Nacional de Educación (2006). Ambas leyes son el resultado de instancias de consulta en todo el territorio, habiendo tenido oportunidad de participar activamente en jornadas institucionales y en grupos de discusión, en el contexto de investigación.

En síntesis, el nuevo cambio educativo propuesto por esta jurisdicción establece dos niveles de seis años de duración cada uno: nivel Educación Primaria (6 a 11 años) con dos ciclos de tres años, primer ciclo (EP1) y segundo ciclo (EP2) y nivel de Educación Secundaria, con dos ciclos de tres años cada uno. En Tabla 1.3 se muestra la evolución de la estructura del sistema educativo en la Provincia de Buenos Aires antes, durante la Reforma y posteriormente a ella, y se marcan con sombreado los niveles y ciclos formativos de pre adolescencia y adolescencia, franja de edad a la que corresponde el currículo, profesorado y libros de texto que son objeto del presente estudio.

Sistema Educativo de la Jurisdicción Provincia de Buenos Aires							
Anterior		Reforma 1995-en vigencia			En vigencia gradual, a partir 2007		
Nivel	Edad (años)	Nivel	Ciclo	Edad (años)	Nivel	Ciclo	Edad (años)
PRIMARIA	6-12	E.G.B.	EGB1	6-8	PRIMARIA	EP1	6-8
			EGB2	9-11		EP2	9-11
		(obligatorio)	EGB3	12-14	SECUNDARIA (obligatorio)	BÁSICA (ESB)	12-14
SECUNDARIA	13-17	POLIMODAL		15-17		POLIMODAL (ESP)	15-17
			-				

Tabla 1.3: Cambios de estructura del Sistema Educativo en la Provincia de Buenos Aires

En la nueva Educación Secundaria, señala la Directora de Cultura y Educación de la Provincia (Puiggrós, 2006a), la Educación Secundaria Básica (ESB) de 12 a 14 años y la Educación Secundaria Polimodal (ESP) de 15 a 17 años *equivalen*, desde el punto de vista de las leyes nacionales y provinciales vigentes, al Tercer ciclo de Educación General Básica (EGB3) y al nivel Polimodal.

El estado de avance del diseño curricular de Educación Secundaria Básica, ESB (12 a 14 años), se encuentra a nivel de prediseño para el primer año (DGCE, 2006a), con previsión gradual de elaboración e implementación para segundo y tercer año. Este último a implementar en 2009, egresando en 2008 la última cohorte de EGB3. Situación que muestra la vigencia de los currícula oficiales de la Reforma hasta que se elaboren los nuevos diseños curriculares.

Si bien el discurso del cambio curricular indica que se volverá a la formación por disciplina, en el prediseño del primer año de ESB se mantiene la organización por Área para la enseñanza de las Ciencias Naturales, llamando la atención que el encabezamiento de páginas mantenga la denominación 7º año, en vez de 1º año. Sin duda, el cambio de estructura educativa lleva tiempo para el cambio de conceptualización, más allá del discurso de los diseñadores curriculares.

Respecto a la formación inicial de profesorado también hay un proceso de cambio en la jurisdicción, ya que se está reformulando el diseño curricular para que también el profesorado de Primaria se forme en carreras de cuatro años de duración.

La nueva estructura educativa se instala en convivencia con la vigencia de la estructura educativa anterior y su discurso. Vale la mención sólo a efecto de notar la impronta dinámica de cambio educativo en que se realiza la investigación.

1.2.2. Relevancia desde el cuerpo teórico de conocimiento aceptado por la comunidad científica

El presente trabajo de investigación se enmarca en el campo de la Didáctica de las Ciencias Experimentales y se fundamenta en marcos teóricos establecidos desde el punto de vista epistemológico, psicológico y didáctico. Por otra parte se han considerado aportaciones relevantes de la investigación en Didáctica de las Ciencias Experimentales sobre el núcleo temático objeto de investigación, para constatar la originalidad del proyecto.

Desde la perspectiva epistemológica se trata de comprender la ciencia como un *proceso de construcción* del conocimiento científico. El conocimiento científico se organiza en teorías las cuales, según Hodson (1988), son estructuras de conocimiento complejas que tienen capacidad descriptiva, explicativa y predictiva de los fenómenos y además pueden crecer y desarrollarse. Según

Giere (1988) se manifiesta fundamental el papel que en el conocimiento científico juega la elaboración y la evaluación de las teorías en el proceso de elección entre teorías que compiten. Esta perspectiva *evolutiva* (Toulmin, 1977) de las estructuras de conocimiento científico, instala la objetividad de los enunciados científicos en la dinámica de grupo de las comunidades científicas (Longino, 1990, 1994) cuando interactúan, a través de procesos de refutación, en búsqueda del consenso para la construcción del conocimiento científico. En este proceso de refutación no sólo influye la componente cognitiva sino también la componente social de las comunidades epistémicas.

La filosofía de la ciencia destaca la importancia que en la ciencia tiene la estructura del conocimiento científico en la construcción y desarrollo de dicho conocimiento (Duschl, 1990, Giere 1994). La sociología de la ciencia pone de manifiesto que la evolución del conocimiento científico es un proceso en el que influye, cada vez más, el consenso de la comunidad científica. Y en este sentido dicho proceso constituye una forma de conocer, socialmente construida (Phillips, 1998; Slezak, 1998).

Desde la Psicología cognitiva del aprendizaje, Ausubel y cols. (1983) concibe el aprendizaje como incorporación de nuevos significados en la estructura cognitiva y señala que *es la relacionabilidad intencionada y sustancial de las proposiciones lógicamente significativas con la estructura cognoscitiva de un alumno en particular lo que las hace potencialmente significativas para éste*.

Según Claxton (1987) las concepciones de los alumnos llegan a estructurarse como teorías personales en un dominio del conocimiento. Aportaciones de la nueva filosofía de la ciencia hicieron que la psicología cognitiva, para la comprensión del desarrollo cognitivo de los niños, aplicara los principios y procesos del cambio de teoría (Carey, 1985, 1986). Desde este enfoque, el aprendizaje de conceptos se concibe como el proceso a través del cual se reestructuran las teorías de las que forman parte dichos conceptos (Pozo, 1994) y se lo considera como una actividad social (Lee y Anderson, 1993, Pea, 1993) que ocurre en entornos de aprendizaje.

El proceso cognitivo de reestructuración de teorías, implica la activación de destrezas de razonamiento. Resultados de investigaciones psicológicas muestran que *los niños tienen una dificultad considerable en separar teoría y evidencia*,

cuando realizan tareas de covariación (Kuhn, 1989; Kuhn y cols., 1988) y que en el aprendizaje, las creencias teóricas dan forma a las pruebas y los sujetos extraen conclusiones casi desde el principio, sobre la base de muy pocos (o ningunos) datos (Kuhn y cols., 1995).

Desde la perspectiva de la didáctica de las ciencias experimentales se concibe el aprendizaje como una actividad intrínsecamente cognitiva y social. El aprendiz se apropia de nuevas formas de conocimiento, razonamiento y discurso, mediante sucesos definidos socialmente. Se describe la educación como un proceso de *culturización* en el que los estudiantes, como miembros de comunidades de aprendizaje, practican un lenguaje y las herramientas de la disciplina mientras, por ejemplo, “hacen” ciencia (Eichinger y cols., 1991).

Tal como indica Duschl (1995, 1990), el uso por parte de los estudiantes del conocimiento procedimental o estratégico contribuye positivamente a su éxito académico. Aprender ciencias no solamente implica la construcción de nuevos significados sino también la capacidad de argumentar sobre problemas de ciencias.

Para la adquisición de destrezas intelectuales se valorizan los contextos sociales y culturales. Por ejemplo desde un enfoque de aprendizaje cooperativo, Brown y Palincsar (1989) sostienen que ciertas situaciones sociales fuerzan la elaboración y justificación de posiciones diferentes. A su vez Slavin (1987) ha integrado las interpretaciones motivacionales y socioevolutivas, sugiriendo que un contexto social puede constituir un contexto motivacional que influya en que los individuos efectúen más explicaciones y elaboraciones. Estos enfoques de aprendizaje cooperativo implican que en los procesos de aprendizaje desarrollados en los contextos escolares, que de por sí son contextos sociales, sea fundamental la interacción entre los sujetos que aprenden y entre estos y el profesor que enseña.

Propone Duschl (1995) tres campos de construcción conjunta en un entorno de aprendizaje y las preguntas básicas que permiten evaluar cómo aprenden los alumnos y las alumnas en cada campo:

- Conocimiento epistemológico/científico: ¿Qué conocimiento, pruebas o datos elegimos utilizar y con qué objetivos los utilizamos?

- Destrezas cognitivas/pensamiento: ¿Qué estrategias de razonamiento y de construcción de significado supervisamos y empleamos?
- Habilidades sociales/de comunicación: ¿Cuáles son las acciones que favorecen la obtención de información sobre conocimiento científico, habilidades de pensamiento y habilidades de comunicación?

Tal propuesta de construcción de conocimiento lleva a considerar que, según Izquierdo Aymerich (2005), *los contenidos son conocimiento* y son inseparables de la actividad científica (escolar o ciudadana). Indicando, dicha autora, que los *contenidos escolares* actualmente son motivo de reflexión, puesto que las aportaciones de las ciencias cognitivas y de la lingüística muestran que el *conocimiento* requiere *actividad* científica de la cual los alumnos sean protagonistas. En relación con ello, señala que mientras *la clase tradicional se centraba en los libros de texto, la clase actual ha de centrarse en la creación de lenguaje honesto*, entendiendo por ello un *lenguaje que explique bien*. Afirma, que es necesario el convencimiento de que *los contenidos no están en ninguna parte, ni en el libro ni en la red*. Esta postura parece dejar traslucir un replanteo del rol docente, de los recursos y de los patrones discursivos circulantes en las aulas de ciencias.

Reconociendo que en estos tiempos las nuevas tecnologías de la información y la comunicación son parte de la cultura de los estudiantes de 12 a 17 años, el aula de ciencias debería tomar la responsabilidad formadora de estructurar discursivamente tanta información de la que se dispone. La conversión de información en conocimiento, requiere de la construcción de patrones cognitivos que fortalezcan la comprensión de los fenómenos estudiados y aporten a la competencia de operar el conocimiento ante problemáticas que se le presenten como ciudadano.

La investigación educativa ha puesto de manifiesto la recurrencia de los libros de texto a patrones discursivos basados en analogías. Fernández Gonzalez y cols. (2005), define tal *razonamiento analógico*, como aquel proceso mental, estructural y funcional que comprende la comparación y la transferencia de conocimiento desde el análogo al tópico. Señalando que este tipo de

razonamiento sólo permite la transferencia de aquello semejante y útil del análogo para la comprensión del tópico, que por supuesto es diferente al análogo.

Sobre la definición de *razonamiento analógico*, destacan que cuando la comparación es sólo de atributos del análogo y del tópico, puede dar lugar a transferencia de atributos erróneos para el aprendizaje, señalando que este tipo de comparación, denominada *semejanza superficial*, es justamente la que enfatizan los alumnos más jóvenes. También hacen notar la frecuencia con que los libros de texto, consultados por el estudiantado español de Educación Secundaria Obligatoria, presentan analogías y la tendencia que muestran por incorporarlas en mayor número en sus últimas ediciones.

Consecuentemente, y teniendo en cuenta las nuevas demandas educativas en la sociedad de la información y del conocimiento, se pone de manifiesto la necesidad de aplicar a la enseñanza de la ciencia la idea que se deriva desde la perspectiva del denominado constructivismo social: aprender y enseñar ciencias dejan de ser procesos de repetición y acumulación de conocimientos para convertirse en procesos mediante los que, el que aprende, ha de construir personalmente los *productos* y *procesos* culturales con el fin de apropiarse de ellos, en un contexto que facilite la integración del trabajo individual con el trabajo en grupo. Desde una mirada prospectiva de la educación científica, Lemke (2006) aporta bases sobre estas nuevas formas de aprender y nuevas formas de vivir.

No es posible concebir como actividades separadas (Hodson, 1994), aunque así se haga en muchas aulas de ciencias, "el aprendizaje de la ciencia", "el aprendizaje sobre la naturaleza de la ciencia" y la "práctica de la ciencia"; es importante admitir su interrelación (Gott y Duggan, 1995). En cierto sentido, forman tres orientaciones distintas sobre la misma actividad constructiva, reflexiva e interactiva. Paradójicamente es la propia naturaleza de la investigación científica ("la práctica de la ciencia") la que proporciona al estudiante el estímulo para reconocer y comprender su interrelación. La práctica de la ciencia da lugar a los tres tipos de aprendizaje mencionados (Hodson, 1994; Di Marco y Turner, 1998).

El aprendizaje de estrategias de razonamiento se manifiesta fundamental para el aprendizaje de la ciencia. Dichas estrategias implican la planificación y la toma de decisiones sobre los pasos a seguir y, en consecuencia, una actividad

deliberada y controlada por parte del alumno (Monereo, 1997; Monereo y Castelló, 1997; Pozo, 1996; Pozo y Postigo, 1997; Pozo y Gómez, 1998). En esta actividad deliberada, el conocimiento conceptual específico es un factor determinante en la eficacia para el uso de estrategias de razonamiento (Alvarez y cols., 1999; Jiménez, 1998), pues dichas estrategias no se aprenden con independencia del contenido al que se aplican (Pérez Echeverría y Pozo, 1994).

1.2.3. Relevancia desde el ámbito del aprendizaje colaborativo

Las interacciones que se establecen entre los miembros de una comunidad científica son fundamentales en la construcción del conocimiento científico y podría sostenerse que constituyen un exponente claro que otorga significatividad a la cognición social.

Señalan Condor y Antaki (2001) que una forma de conceptualizar la cognición social es considerarla como el interés por conocer cómo las personas perciben el mundo social y cómo se piensa en el curso de la interacción social. Desde esta concepción de construcción social de la cognición, se interpreta el discurso de las personas como acciones públicas que pueden desempeñar una cantidad de funciones sociales y se lo aborda como un recurso cultural.

La cognición social, desde una perspectiva de intercambio interpersonal, promete identificar cómo se formula el discurso de manera conjunta. Si las clases de ciencias deben convertirse en un contexto propicio para la práctica de la cognición social, es importante entonces que las actividades de enseñanza aprendizaje promuevan el aprendizaje colaborativo.

El sentido básico que se le da al aprendizaje colaborativo se refiere al trabajo de los alumnos en grupos pequeños que permite que el estudiante aprenda en el aula colaborativamente con los otros miembros del grupo, a través del intercambio de información y el trabajo de todos los miembros del grupo sobre una tarea en forma cooperativa, responsable, comunicativa y autoevaluando el proceso (Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Monterrey, 2007; Hogan, 2000).

Se sostiene que el aprendizaje en *grupos pequeños* representa una oportunidad para intercambiar ideas con otros y otras estudiantes o con su

profesor o profesora, sin inhibiciones ni competencia, y de ese modo *desarrollar habilidades de razonamiento superior y de pensamiento crítico*.

Además de las habilidades sociales, el trabajo en *grupo pequeño* también es propicio para desarrollar, entre otros, procedimientos de análisis, de comprensión, de construcción de diagramas, de formulación y generación de preguntas, de hacer predicciones, de presentar información, de realizar razonamientos, de resolución de cuestionamientos y de resumir y pensar creativamente. Procedimientos implicados cada vez que el grupo debe cumplir actividades asociadas a la solución de problemas.

En el aprendizaje colaborativo el profesor es considerado como un facilitador del aprendizaje que, según Prescott (1996), *debe asumir la responsabilidad de ofrecer a los estudiantes la oportunidad de reflexionar o practicar la nueva información, conceptos o habilidades. Estas sesiones pueden incluir la construcción de argumentos a favor o en contra, escribir resúmenes, analizar datos, escribir crítica, explicar eventos, denotar acuerdo o desacuerdo con los argumentos presentados o resolver problemas*.

1.2.4. Relevancia desde el ámbito de la alfabetización científica y construcción de ciudadanía

En la Reforma educativa de diferentes países, también en la República Argentina y en la jurisdicción de Provincia de Buenos Aires con su nuevo cambio educativo, se señala que uno de los fines principales de la enseñanza de las ciencias en la etapa obligatoria es la *alfabetización científica* (DGCE, 2006a).

La educación provincial (DGCE, 2006a) entiende la *alfabetización científica* como *un proceso elemental de formación para ciudadanos que han de vivir y desarrollar su potencial en un mundo impregnado con los resultados de la ciencia y sus aplicaciones tecnológicas. Entendiendo que la formación científico-tecnológica en la escolaridad obligatoria ha de brindar herramientas que permitan dar sentido a datos, encontrar explicaciones posibles y coherentes a fenómenos naturales y procesos tecnológicos del medio. Pero, sobre todo, promover habilidades, destrezas y competencias para desarrollar plenamente las potencialidades del pensamiento crítico-reflexivo, imprescindible para una participación activa y responsable en una sociedad democrática*.

De ese modo, desde la enseñanza de las ciencias se apunta a lograr uno de los fines de la nueva Educación Secundaria Básica: *contribuir con la construcción de la ciudadanía*. Entendiendo por ello, *pensar prácticas pedagógicas que, basadas en una concepción de los alumnos como sujetos singulares y sociales, se orientan a favorecer el reconocimiento y asunción de deberes y el ejercicio de derechos, mediante la inserción y participación en el ámbito social y comunitario*. Se enmarca esta construcción de ciudadanía en el *compromiso con el restablecimiento participativo de los vínculos sociales y los lazos solidarios que se quebraron en la larga crisis económica, la discontinuidad del estado de derecho y las políticas de décadas pasadas*. En definitiva, *la construcción de la ciudadanía debe estar ligada a la construcción de democracia, a través de un currículo basado en el respeto por la alteridad, es decir, el reconocimiento del otro como sujeto diferente pero igualmente valioso y necesario*.

Resulta evidente, el énfasis puesto por los cambios educativos en relación con la formación de ciudadanos responsables que posean capacidad crítica, es decir que puedan evaluar la información, que sean conscientes del impacto de las actuaciones propias y ajenas, y que sean capaces de mantener opiniones argumentadas a la hora de tomar decisiones. Estos fines deberían suponer modificaciones en la selección de contenidos y en la forma de tratarlos e incluir, dentro de los contenidos de aprendizaje, las *destrezas de razonamiento y argumentación* (Jiménez y col., 1998).

Por otra parte, en los ámbitos de enseñanza de ciencias es necesario superar la mirada tradicional que asocia, casi exclusivamente, aprender ciencia con procesos de exploración y manipulación experimental. En el contexto de la Reforma curricular, la ciencia debería ser aprendida de modo que las comprobaciones experimentales pudieran ser relacionadas con el marco teórico, constituyéndose la teoría científica en el *marco interpretativo del observador* (MEC, 1995, pp.138). Desde esta perspectiva, el *razonamiento* y la *argumentación* resultan fundamentales para el aprendizaje de las ciencias (Kuhn, 1993; Jiménez, 1998).

Durante mucho tiempo se asoció el razonamiento científico a la práctica del *razonamiento inferencial* (Vergnaud, 1997), categorizando a los científicos como modelizadores del más alto nivel de desarrollo del conocimiento procedimental en cuanto a destrezas cognitivas se refiere. Señala Lawson (1994) que Piaget considera que ese nivel se caracteriza porque el individuo comienza a plantearse preguntas a sí mismo y adquiere la capacidad de “*hablar consigo mismo*” para así comprobar interiormente sus planteamientos hipotéticos y llegar a decisiones razonadas cuando resuelve problemas científicos. Para aprender a utilizar el patrón de razonamiento hipotético-deductivo es esencial tomar parte en discusiones con otros, dado que el razonamiento lógico es una discusión consigo mismo. Los procesos inductivos parecen destinados a la formulación de hipótesis de las que pueden extraerse consecuencias deductivas (Sevilla Segura, 1994).

La conceptualización del razonamiento ha cambiado en las últimas décadas. Desde la Nueva Filosofía de la Ciencia, se sostiene que la construcción del conocimiento científico no responde a patrones de razonamiento inferencial, sino que se construye como un razonamiento que se exterioriza ante una comunidad científica que lo discute y lo evalúa. Giere (1994) considera que el *razonamiento en ciencias* se relaciona con los procesos de toma de decisiones que se practican cuando hay que elegir entre distintas teorías. El mismo autor, fundamenta el abandono del razonamiento como lógica inductivista y asume el nuevo enfoque del razonamiento como un *razonamiento práctico* en términos de modelos y decisiones basadas en los datos (Giere, 1999).

Este *razonamiento práctico*, que según Toulmin (1979) es una forma de conceptualizar la *argumentación*, es fundamentalmente una forma de comunicar que incluye una forma de escribir y de hablarnos a nosotros mismos. Durante esta práctica se combina la componente cognitiva de la ciencia con los patrones de organización que se utilizan para expresar o construir los conocimientos científicos, de ahí la importancia de aprender a *hablar* ciencia (Lemke, 1997). Dichos patrones organizativos establecen la forma de poner a prueba críticamente las ideas y la argumentación aparece como una actividad central mediante la que se presentan razones, basadas en datos y conocimiento

científico básico, en apoyo de la conclusión (Toulmin, 1995; Toulmin y cols., 1979).

La *argumentación* que practican los integrantes de la comunidad científica es una argumentación racional y se concibe como la capacidad de relacionar los datos experimentales y las pruebas, con las hipótesis o conclusiones teóricas. Este tipo de argumentación tiene un carácter específico pues se fundamenta en datos y conocimiento científico básico sobre los que se sustentan las conclusiones. Actualmente se significa el argumento racional como un argumento situado (Driver y Newton, 2000), es decir, influido por una cultura, época, ideología, etc., determinadas, aunque eso no significa que sean totalmente relativos, ya que existen métodos y criterios para comparar argumentos alternativos y elegir el más adecuado (Duschl, 1990; Kuhn, 1993; Pontecorvo y Girardet, 1993; Driver y Newton, 2000; Jiménez, 1998; Jiménez y cols., 1997, 1998, Federico Agraso y col., 2005; Eirexas, F. y cols., 2005, García de Cajén y Domínguez Castiñeiras, 2005).

Respecto del concepto de argumentación también existen diversos significados. Driver y Newton (2000) diferencian la lógica –disciplina académica que presenta reglas aisladas para la producción de deducciones correctas a partir de premisas dadas- de cómo la gente razona en realidad. Para ellos la argumentación es una actividad humana que se sitúa (Driver y Newton, 2000) en unos marcos sociales específicos y, a partir de esta perspectiva de situación, la argumentación puede considerarse como una actividad individual, a través de la reflexión y de la escritura, o como una actividad social que tiene lugar dentro de un grupo. Cuando un alumno habla ciencia en un contexto social, recibe la influencia de la presencia de sus compañeros (Vergnaud, 1997) dando lugar a un tipo de razonamiento colectivo o compartido (Pontecorvo y Orsolini, 1992) relacionado con la *argumentación social* (Pontecorvo y Girardet, 1993).

Independientemente del carácter individual o colectivo, Driver y Newton (2000) definen argumentación como el proceso mediante el que se dan razones a favor o en contra de una proposición o línea de acción; esta interpretación de argumentación la denomina Kuhn (1993) como retórica y Driver y Newton (2000) como didáctica. Por medio de ella se trata de persuadir a los oyentes, de la

solidez de los argumentos expuestos. Ejemplos de este tipo de argumentación son comunes en las clases de ciencias en las que un profesor o profesora proporciona una explicación científica a una clase o a un grupo de estudiantes con la intención de ayudarles a verla razonable. Esta forma didáctica de argumentación es unilateral y ocurre cuando los docentes ordenan los datos y construyen argumentos para el alumnado. Tiene sus limitaciones en situaciones de enseñanza, desde la perspectiva de la construcción social de la ciencia, pues son los estudiantes los que han de desarrollar por sí mismos estas destrezas de argumentación, y no simplemente jugar el papel de audiencia de la argumentación de los docentes.

Enlazando con lo anterior surge la definición de argumentación *dialógica* o de voz múltiple (Driver y Newton, 2000; Scott y Mortimer, 2002) que tiene lugar cuando se examinan diferentes perspectivas para llegar a un acuerdo sobre cuáles son las afirmaciones del conocimiento que se aceptan o las líneas de acción que se toman en consideración. También este tipo de argumentación puede ser realizada por un individuo en el seno de un grupo. En este último caso la naturaleza de voz múltiple de la construcción de un argumento es mucho más obvia que en el primero, pero, incluso en éste, un individuo ha de comparar los argumentos que construye al aplicarlos a la justificación de situaciones concretas. Este tipo de argumentación surge en las clases de ciencias cuando se les da a los estudiantes la oportunidad de abordar un problema en pequeño grupo, o cuando en situación de discusión en la clase, el profesor o la profesora dirige un debate para identificar diferentes líneas de pensamiento e invita a los estudiantes a evaluarlas con el fin de ir hacia un resultado con el que todo el mundo esté de acuerdo. A este respecto Kuhn (1993) identifica discusión o controversia (argument) con argumentación.

Parecería que es necesario organizar las aulas de manera que los estudiantes tengan voz y darles así oportunidades para que practiquen el razonamiento y la argumentación. Estas oportunidades proporcionarán a los estudiantes la importante tarea de elaborar argumentos razonados, individual y colectivamente, para que de esta manera también desarrollen, ellos mismos, este tipo de destrezas.

En relación con lo anterior, Scott y Mortimer (2002) señalan una nueva dirección de la investigación en educación de ciencias, centrada en el estudio de *cómo* los significados se desarrollan a través del lenguaje y otros modos de comunicación en el aula de ciencias. Esto implica pasar de estudios focalizados en la comprensión individual del estudiante sobre fenómenos específicos hacia la investigación en la manera que los estudiantes comprenden y desarrollan significados en el contexto social del aula. Procedimientos que el profesorado valora pero, como hacen notar García Barros y col. (2003), no reconoce que deben ser enseñados a través de actividades concretas.

Desde esta postura, el significado es visto como una polisemia y una polifonía, siendo creado a través de la interacción y entonces internalizado en lo individual. Mientras que el aprendizaje es visto como una negociación de nuevos significados dentro de un proceso comunicativo donde diferentes perspectivas culturales se encuentran con otras en un proceso de mutuo crecimiento.

Scott y Mortimer (2002) sostienen que la interacción discursiva constituye el propio proceso de hacer significados. Pero, a pesar de este nuevo énfasis sobre habla e interacción, estos autores llaman la atención respecto a que aún se conoce poco sobre el apoyo que brindan los profesores para la construcción de significados en el aula, sobre cómo esas interacciones son representadas y sobre cómo diferentes maneras de hablar constituyen un apoyo fuerte del conocimiento del estudiante.

En este sentido, proponen analizar el tipo de habla en el aula, en particular, la manera en la cual el profesor puede actuar para guiar la interacción de construcción de significados en el aula, siendo uno de los aspectos a tener en cuenta la forma de *aproximación comunicativa* (Figura 1.1.).

Autoritaria Dialogica	C	D
	A	B
	Interactiva	No Interactiva

Figura 1.1: Clases de Aproximación comunicativa (Scott y Mortimer, 2002)

Se distinguen cuatro clases fundamentales de aproximación comunicativa, definidas por caracterizar el habla del profesor y de los estudiantes a lo largo de dos dimensiones: dimensión *continuum de habla dialógica y autoritaria*; dimensión *continuum de habla interactiva y no-interactiva*.

Frecuentemente, el profesorado realiza la aproximación comunicativa basándose en el discurso de los libros de texto que constituyen el material curricular más utilizado para la enseñanza de las ciencias. Desde esta perspectiva sería importante que el profesorado y los recursos que recomienda consultar a los estudiantes, en edad que abarca la nueva Educación Secundaria, facilitasen la elaboración de estrategias de aproximación comunicativa tipo A, indispensable en la alfabetización científica y en el ejercicio de ciudadanía, en las que el razonamiento y la argumentación juegan un papel fundamental.

En tiempo de cambios curriculares en el contexto de investigación, los libros de texto constituyen referenciales para la enseñanza del Área de Ciencias Naturales (12 a 14 años), ya que es común que el profesorado disponga de ellos antes de tener acceso a programas de formación permanente. Lo mismo ocurre con los textos de Física del nivel Polimodal que conviven con libros de texto editados con anterioridad a la Reforma de 1995, en algunos casos utilizados por el profesorado durante su propia formación.

En el contexto español, se han estudiado las modificaciones introducidas en los libros de texto con los sucesivos cambios curriculares. Fernández González y cols. (2005) señalan que, a) *existe una continuidad de los libros editados en los sucesivos cambios curriculares: los modelos e ideas anteriores siguen perviviendo en los nuevos libros a pesar de lo que decida el currículo* y las variaciones mayores se refieren a la presentación del libro; b) la aplicación de la *LOGSE* no ha hecho que los libros dejen de ofrecer una secuencia cerrada y una batería estandarizada de actividades. El libro de texto se sigue concibiendo, en gran parte, como manual único; c) la mayoría de las editoriales muestran una sola línea aunque a veces se observan líneas distintas en una misma editorial entre los materiales de distinto ciclo.

En relación con el señalamiento de la continuidad de los textos durante los cambios curriculares, llama la atención que se estén proponiendo documentos oficiales (DGCE, 2006a) que citen textos del '70 en respaldo del nuevo diseño

curricular de ESB. El continuum texto-currículo parece realimentarse, y los diseñadores, los autores de textos y el profesorado, comparten de alguna manera la responsabilidad que esto suceda.

1.2.5. Relevancia de la propia problemática de la investigación

La formación de profesorado inicial y en ejercicio revistió y reviste relevancia para el logro de la implantación de la Reforma educativa argentina y de los nuevos cambios propuestos por la jurisdicción, contexto de esta investigación. El ejercicio en formación de profesorado posibilita compartir contextos discursivos donde investigar problemas en relación con el perfil argumentativo sobre un campo conceptual específico. Determinado el campo conceptual, se considera oportuno investigar distintas dimensiones del problema relacionado con el perfil argumentativo tanto del currículo oficial de la Reforma, como del profesorado en formación inicial y en ejercicio y de los libros de texto que consulta el alumando como fuente de conocimiento sobre dicho campo conceptual.

1.2.5.1. Campo conceptual. Por qué la problemática de la Transformación de la Energía Eléctrica en una Resistencia Óhmica.

Si bien ya se ha indicado cómo se origina la inquietud por conocer cuál es el perfil argumentativo del profesorado de Física respecto al fenómeno que un artefacto con resistencia eléctrica más corta calienta más, es necesario determinar si este conocimiento es relevante en su práctica docente, es decir si esta cuestión se corresponde con un contenido a enseñar.

Se realiza entonces la búsqueda de los contenidos relacionados con la transformación de la energía eléctrica en una resistencia óhmica, en aquellos documentos oficiales a partir de los cuales el profesorado debería diseñar sus proyectos de aula.

Los CBC de EGB (MCE, 1995) indican que en EGB3 (12 a 14 años) se debe enseñar a realizar el *análisis del funcionamiento de aparatos simples*, como por ejemplo una plancha, un soldador o una estufa eléctrica. Estos casos implican el contenido buscado.

Además los CBC de nivel Polimodal (MCE, 1997a) indican que los conceptos referidos a la *Energía eléctrica y su transformación*, y el procedimiento

de análisis de funcionamiento de objetos tecnológicos que involucren fenómenos térmicos, análisis del funcionamiento de circuitos eléctricos e interpretación de información referida a la utilización de la energía son saberes relevantes para la formación de los ciudadanos. De esta manera queda explícito que desde el ámbito nacional se considera que el contenido seleccionado, en esta investigación, es un saber a enseñar tanto en EGB3 como en Polimodal, que equivalen al nuevo nivel de Educación Secundaria (12 a 17 años).

Estos saberes relevantes en el orden nacional, son tomados por la Provincia de Buenos Aires indicando en documentos del Espacio curricular de la Física, por ejemplo de la orientación Ciencias Naturales (DGCE, 1998b), que *la potencia eléctrica y la energía en circuitos eléctricos, la transformación de energía eléctrica en calor y las aplicaciones cotidianas del efecto Joule*, constituyen un contenido a enseñar.

También en documentos de otras orientaciones de Polimodal, por ejemplo en aquella denominada de *Bienes, Servicios y Producción* (DGCE, 1998c), se debe enseñar la *resolución y análisis energético de los circuitos de corriente continua* y el *efecto Joule*, recomendándose el aprendizaje de procedimientos de *identificación de problemas físicos factibles de ser abordados por consideraciones energéticas y planteo de preguntas problematizadoras*.

De este modo se infiere la relevancia que tiene en la actualidad el aprendizaje de fenómenos relacionados con la transformación de la energía eléctrica, especialmente a través de la resolución de problemas relacionados con la realidad cotidiana. Sería conveniente que dichos problemas promoviesen argumentaciones sobre cuestiones energéticas, como una manera de contribuir a la *alfabetización científica y formación de ciudadanía*, fines fundamentales del nuevo cambio educativo bonaerense (DGCE, 2006a; 2007).

La nueva Ley Provincial de Educación (2007), señala la inclusión de la educación ambiental en el currículo, con la orientación didáctica expresa de proponer problemáticas concretas y ambientalmente relevantes, privilegiando realidades medioambientales de los alumnos. De la Ley Provincial N° 11.323 (1995) sobre el cuidado del Medio Ambiente, emanan cuestiones prioritarias para la construcción de ciudadanía, que la escuela debería recoger. En su capítulo referido a la *Energía*, indica que el *Ente Provincial Regulador Energético* (EPRE)

deberá promover el uso de la energía preservando el medio ambiente (Art. 52) y elaborar planes para lograr el ahorro energético (Art. 54). Más aún, ante la crisis del sector energético acentuada a partir de que el país comenzó a superar la crisis socioeconómica, y que la realidad país, conjugada con comportamientos ciudadanos y cuestiones climáticas, dan una perspectiva de solución no antes del 2012. En un primer momento las estrategias oficiales de solución, consistieron en sanciones económicas al consumidor. El Estado Nacional implantó un *Plan de Uso Racional de la Energía Eléctrica* (PUREE) con aplicación de un sistema de premios y castigos en el costo de cada kW, sobre un referencial de consumo domiciliario de 600 kW bimestrales, ampliamente difundido por los medios de comunicación (El Popular, 2004a, 2004b; Clarín, 2004a, 2004b; La Nación, 2005). Plan que sumó críticas y que finalmente ha dejado en evidencia su poca efectividad, cada vez que, año tras año, creció tanto la demanda de energía eléctrica, que en el 2007 llegaron los cortes forzados que afectan la producción y al ciudadano. La multa económica, es poco eficaz en una cultura de creciente uso de tecnología que demanda energía eléctrica.

Artefacto

Artefacto	Potencia (W)	Consumo (kWh)	Promedio (kWh)	Exceso (kWh)
Heladera	250	0,250	0,03	0,05
Lámpara de 100 w	100	0,100	0,01	0,02
Lámpara de 60 w	60	0,060	0,005	0,01
TV color 14 o 20"	80	0,080	0,01	0,02
Computadora pers. Celeron	350	0,350	0,04	0,02
Lavavajillas	250	0,250	0,03	0,05
Tubo fluorescente 40 w	40	0,040	0,005	0,01
Radio	4	0,004	0,0005	0,001
Cocina a microondas	2000	2,000	0,25	0,42
Secador de cabello	1000	1,000	0,12	0,21
Secarropas centrífugo	380	0,380	0,05	0,08
Aspiradora	1100	1,100	0,14	0,23
Cafetera eléctrica	900	0,900	0,11	0,19
Plancha	1000	1,000	0,12	0,21

Cuadro 1.1: Información de divulgación en prensa nacional y local, sobre Plan de Uso Racional de la Energía

En el marco de dicho Plan nacional, el Organismo de Control de Energía Eléctrica Bonaerense (OCEBA) ordenó mediante Resolución N° 394/04, a las

distribuidoras de energía de la jurisdicción, incluida la Cooperativa de Electricidad de Olavarría (Coopelectric, 2004), planes de contingencia y emergencia. A pesar de ello, cada vez que las temperaturas son extremas en verano y en invierno, la crisis energética vuelve a ser noticia diaria y los apagones son frecuentes. Se espera pasar el invierno para que baje la demanda de energía para calefacción. Primavera por medio, llega el verano que se espera pasar para que baje la demanda de energía de los acondicionadores de aires. Y el ciclo de la naturaleza se vuelve a repetir y el mundo artificial y social continúa con soluciones de urgencia.

En el contexto de investigación, hace aproximadamente una década, son frecuentes las campañas de información y de concienciación realizadas por la empresa distribuidora de energía eléctrica, que reparte folletos (Coopelectric, 1998, 2002, 2004, 2007) en cada domicilio sobre la problemática energética. Parte de este material (Cuadro 1.2) es recogido por el Diario local (El Popular, 2004b, 2007), en cuanto a información útil para la ciudadanía socialmente responsable de actuar en consecuencia con los planes de contingencia energética.

LA CRISIS ENERGÉTICA EN LA PROVINCIA DE BUENOS AIRES			
El Organismo de Control de Energía Eléctrica Bonaerense, Oceba, ordenó, mediante Resolución N° 394, a las distribuidoras de energía, incluida obviamente Coopelectric, que presenten planes de 'contingencia y emergencia'. En tal sentido, la cooperativa ya ha desarrollado su Plan, el que próximamente será presentado al Oceba.			
Consumo de artefactos			
Una guía para su economía doméstica			
Consumo de 200kwh biestrateal - T1 Tarifa Residencial			
Artefacto	Potencia (w)	Consumo kWh/hora	Consumo \$/hora
Heladera	250	0,250	0,03
Lámpara de 100 w.	100	0,100	0,01
Lámpara de 60 w.	60	0,060	0,005
TV color 14 o 20"	80	0,080	0,01
Computadora pers. c/imp.	350	0,350	0,04
Ventilador de Techo	100	0,100	0,01
Tubo fluores. 40 w.	40	0,040	0,007
Radio	4	0,004	0,0005
Cocina a microondas	2000	2,000	0,25
Secador de cabello	1000	1,000	0,12
Secarropas centrífugo	380	0,380	0,05
Aspiradora	1100	1,100	0,14
Cafetera eléctrica	900	0,900	0,11
Plancha	1000	1,000	0,12
Lavarropas	250	0,250	0,03

COOPELECTRIC			
Campana de información para usuarios del servicio residencial			
Relación horas-kilowatt de los artefactos electrodomésticos de uso más habitual			
40,0 horas	Lámpara de 25 watts	1 kwh.	
25,0 horas	Lámpara de 40 watts	1 kwh.	
16,6 horas	Lámpara de 60 watts	1 kwh.	
10,0 horas	Lámpara de 100 watts	1 kwh.	
1,25 horas	Plancha eléctrica común	1 kwh.	
6,6 horas	Heladera 3 pies	1 kwh.	
5,0 horas	Lavarropas p/5 kg.	1 kwh.	
5,5 horas	Bombardador plagua	1 kwh.	
12,5 horas	Televisor color	1 kwh.	
4,0 horas	Televisor b. y n. a válvulas	1 kwh.	
8,3 horas	Encaradora-lustradora	1 kwh.	
15,0 horas	Licudadora, batidora, etc.	1 kwh.	
0,6 horas	Estufa eléctrica dos radiantes	1 kwh.	
0,6 horas	Acondicionador aire frío	1 kwh.	
25,0 horas	Radio eléctrica	1 kwh.	
24,5 horas	Tubo fluorescente de 40 watts	1 kwh.	
9,4 horas	Tubo fluorescente de 105 watts	1 kwh.	
6,8 horas	Secarropas centrífugo	1 kwh.	

Cuadro 1.2: Información de la distribuidora de energía eléctrica local (Coopelectric, 1998, 2002, 2004) en el marco de la crisis energética bonaerense

El material de divulgación incorpora el dato de energía (KW-h) y potencia eléctrica (W) de artefactos electrodomésticos. Indudablemente la información, se propone desde el supuesto de que el ciudadano, especialmente el adulto, tiene competencias para interpretar y operativizar correctamente el conocimiento en situaciones reales, especialmente en aquellas que, desde los ámbitos oficiales y la prensa se denominan *crisis energética y racionalización de energía*.

La experiencia de ejercicio docente de tomar esta información de divulgación para elaborar actividades didácticas destinadas a la formación de adolescentes y profesorado en formación inicial y en ejercicio, especialistas o no en ciencias, ha permitido conocer la dificultad que representa la operatividad de la información de divulgación en la resolución de situaciones problemáticas relaciones con la energía y la potencia eléctrica de artefactos presentes en la vida cotidiana. Más allá de su simple lectura o cálculo, prácticamente no se da otra utilidad.

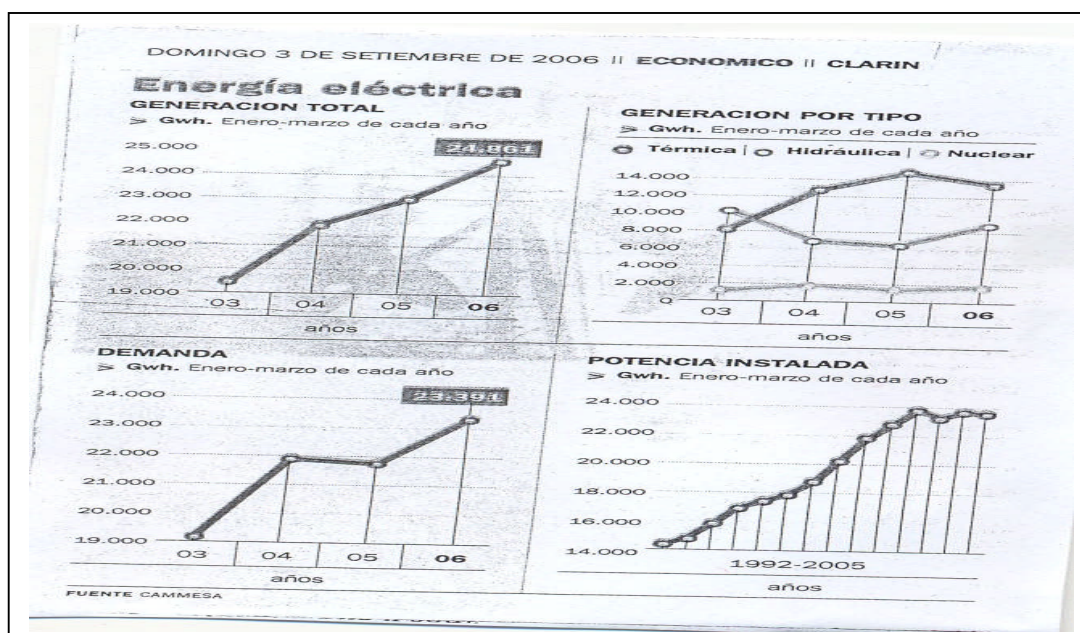
Con el tiempo, se ha ido transformando el contenido y formato del material de divulgación. En un principio informaban sobre la cantidad de energía eléctrica de los artefactos eléctricos, evidentemente ha resultado poco significativa la información, por ejemplo, que en 0, 6 hs. una estufa eléctrica demanda 1Kw-h. Años después incorporaron la información de potencia eléctrica, pero llamativamente desapareció la estufa eléctrica y el acondicionador de aire. Estos materiales volvieron a utilizarse en el 2007, luego se reorganizó la información con un ordenamiento de mayor a menor potencia eléctrica y reincorporando los artefactos de calefacción eléctrica en el listado (Cuadro 1.3).

ID	ARTEFACTO	Potencia (Watts)	Consumo (kW-hora)
1	COCINA A MICROONDAS	2.000	2
2	CALOVENTOR	1.500	1,5
3	PANTALLA INFRARROJA	1.500	1,5
4	ASPIRADORA	1.100	1,1
5	SECADOR DE CABELLO	1.000	1
6	PLANCHA	1.000	1
7	CAFETERA ELECTRICA	900	0,9
8	SECARROPAS CENTRIFUGO	380	0,38

Cuadro 1.3: Tabla de potencia eléctrica en electrodomésticos (El Popular, 2007)

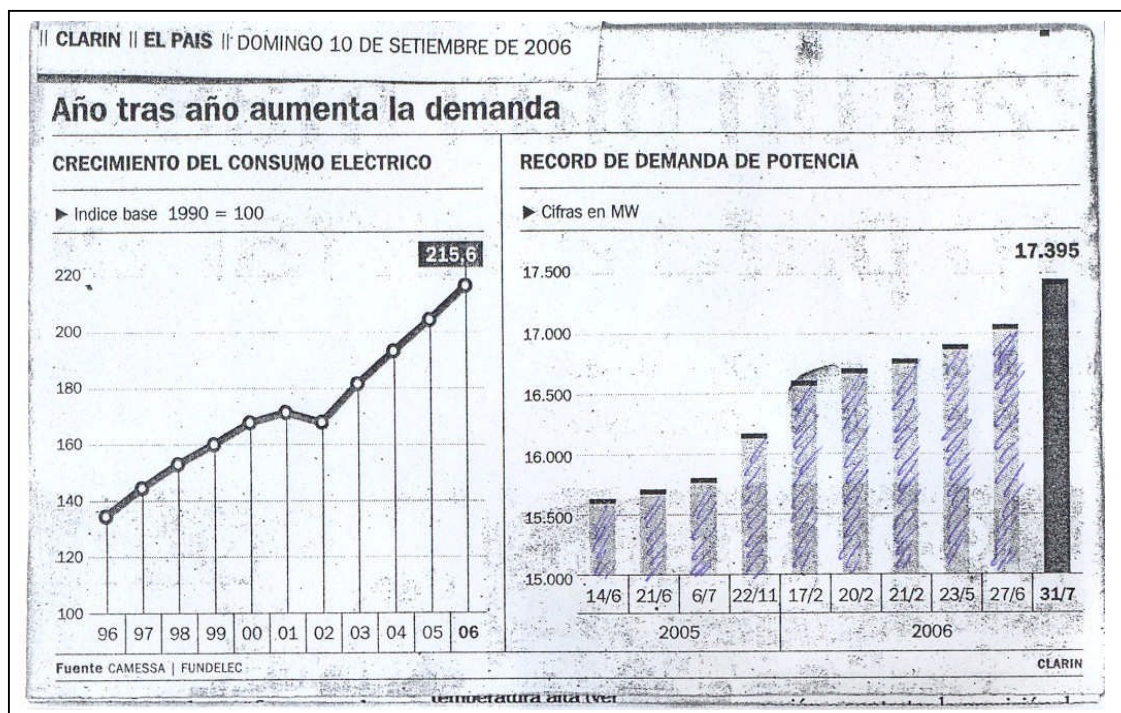
En la emergencia, se nota el esfuerzo por llegar a la ciudadanía con información de manera más significativa. Más allá de premios y castigos y de campañas de divulgación por medios escritos, orales y televisivos, el estado de la situación actual, por diversas razones (por ejemplo: incremento de demanda de potencia por industrias de producción, por mayor presencia de tecnología eléctrica en domicilios particulares, por costo de kW-h más barato de Sudamérica, falta de inversión en el parque generador, entre otros), es la *crisis energética* considerada grave, al menos hasta que se disponga de nuevas instalaciones generadoras aproximadamente a partir del 2012.

El estado de alertado sobre el sistema eléctrico es parte de la vida diaria, ya que funciona al límite de su capacidad técnica instalada y sin reserva de protección. A modo ilustrativo del estado crítico, se indica valores de enero-marzo 2006: Generación total, 24.861 GWh; Demanda 23.391 GWh. En este marco el gobierno prepara nuevos planes de contingencia, siendo de notar que la divulgación de la problemática, comienza a traducirse a lenguaje gráfico que impacta con su sola vista. En alguna oportunidad, la prensa nacional (Clarín, 2006a) trata estadísticamente la *generación y demanda de energía* (Cuadro 1.4).



Cuadro 1.4: Información de la prensa nacional sobre generación y demanda de energía eléctrica (Clarín, 2006a)

En otras (Clarín, 2006b), la estadística se realiza sobre valores de potencia eléctrica en MW, poniendo de manifiesto el crecimiento de demanda en la última década -nótese la crisis socioeconómica del 2002-, como así también el acentuado crecimiento de demanda de potencia durante el período junio 2005 – julio 2006 (Cuadro 1.5).



Cuadro 1.5: Información de prensa nacional sobre demanda de potencia eléctrica (Clarín, 2006b)

Esta carrera desigual entre demanda de potencia eléctrica creciente y generación estacionaria, tiene como consecuencia el agravamiento de la crisis con alto impacto socio-económico, por ejemplo reducción de producción, baja laboral de empleados, fallas de transformadores, aumento del costo de productos, disminución de servicios, entre otros.

A igual manera que la iniciativa de otros lugares del país, en el ámbito local la cooperativa eléctrica, *Coopelectric*, más allá de su función de distribuidora, estudia la posibilidad de *generación*. El discurso instalado en la prensa local (El Popular, 2006a) es la *posibilidad de que estalle la temida crisis energética nacional* (Cuadro 1.6), cuestión que se vivió a pleno en el invierno 2007 cuando olas de frío polar cubrieron el territorio, produciendo hechos inusuales, como es que nevara en Buenos Aires. La simultaneidad del cambio climático y la crisis

energética, se instalaron en la vida del ciudadano, como problemáticas relacionadas.



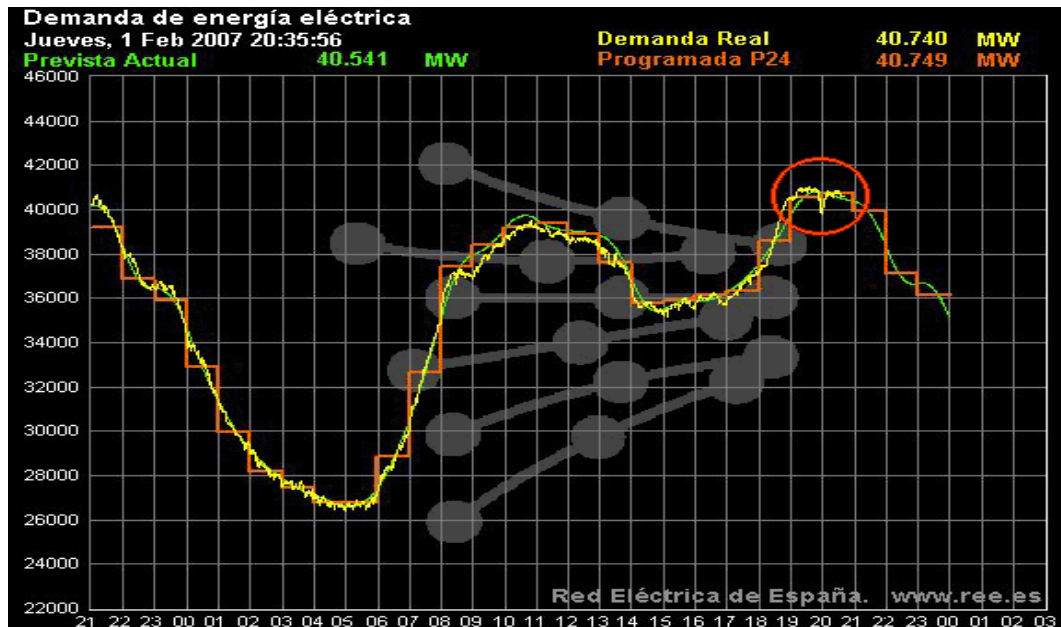
Cuadro 1.6: Medidas de generación eléctrica, en ámbito local (El Popular, 2006a)

La cuestión energética es una problemática sustantiva en la formación de ciudadanía, a través del discurso en los medios de comunicación y diferentes actores de la sociedad. Discursos que, tal como los surgidos en los medios de comunicación por la cuestión problemática de la *marea negra*, por el hundimiento del *Prestige* en las costas de Galicia, (Federico Agraso y col., 2005), es posible señalar que podrían ser motivo de estudio que aporte información relevante sobre aspectos referidos a la alfabetización científica y construcción de ciudadanía en relación con la apropiación del discurso científico sobre la cuestión energética.

Reconforta, encontrar que la investigación educativa está comenzando a brindar resultados a partir del estudio de programas de *uso racional de energía*, poniendo en evidencia las dificultades que presentan en la formación ciudadana de Brasil (Dias y cols., 2005), país limítrofe con Argentina, que tiene realidades y problemáticas comunes en la región.

Cabe notar que la cuestión energética también reviste como problemática global. A veces con apagones no deseados, como el ocurrido en julio 2007 en Barcelona que sirve de muestra de los trastornos que ocasiona. O apagones

programados como el dado por Europa, en febrero 2007, como llamamiento a atender el problema de cambio climático. El Cuadro 1.7 pone en evidencia el impacto que, tuvo en la red eléctrica de España, el apagón durante los 5 minutos que duró, bajando la demanda de energía eléctrica a la hora pico (20 hs.).



Cuadro 1.7: Demanda de energía en España, el día del apagón por el cambio climático (Red Eléctrica de España, 2007)

De lograrse un compromiso social sostenido, la estrategia de apagar solidariamente artefactos eléctricos, se muestra eficaz. Queda la duda respecto a si se ha formado al ciudadano para dar verdadero significado al pedido que las distribuidoras de energía hacen durante la crisis energética local, piden apagar una lamparita de 75 W por domicilio, con eso alcanzaría para evitar apagones en horas picos. La práctica ha mostrado que los apagones no se pudieron evitar. También queda la duda, si el ciudadano ha sido formado para comprender qué relación hay entre esa baja en la curva y cuestiones referidas a cambio climático.

La enseñanza de las ciencias es un ámbito específico para el tratamiento de cuestiones del ambiente pero, según López Rodríguez y col. (2001), el profesorado concibe a la educación ambiental más como educación *sobre* el medio en vez de *para* el medio. Siendo que la educación *para* tiene como objetivos fundamentales la protección, conservación y mejora del medio ambiente, a través de tratar y tomar decisiones para solucionar una problemática ambiental. En ese sentido, surge la necesidad de pasar de una enseñanza sobre

la problemática energética y sobre el cambio climático, a una enseñanza para tomar decisiones y actuar como parte involucrada en el problema.

Por otra parte, la revisión de la bibliografía producida en didáctica de las Ciencias Experimentales, pone de manifiesto que:

El conocimiento previo de los alumnos sobre la electricidad y las dificultades de aprendizaje ha sido estudiado ampliamente en la literatura especializada (Driver y cols. 1989; Hierrezuelo y Montero, 1991; Osborne y Freyberg, 1991; Sebastiá, 1993; Driver y cols., 1994). También se ha estudiado cómo interpretan los alumnos la forma en que hay que conectar la bombilla y la pila para conseguir que se enciendan, es decir, sobre cómo debe construirse el circuito eléctrico (Shipstone, 1989; Varela y cols., 1993). Cuando se pregunta por cómo se produce la circulación de la corriente eléctrica entre la pila y la bombilla surgen diversos tipos de respuestas que Osborne y Freiberg (1991) han clasificado en cuatro modelos.

Aunque es incipiente la línea de formación de ciudadanía en el marco de proyectos curriculares *en contexto* de Educación para el Desarrollo Sostenible, se encuentra alguna aportación sobre reflexiones educativas para la cuestión energética (Días y col., 2005).

Sin embargo esta información se reduce drásticamente cuando se refiere al conocimiento previo de los profesores de Física. Al respecto Domínguez Castiñeiras y cols. (1997a) detectan concepciones alternativas, en otro campo de la Física, y sugieren que parecería no existir un modelo de pensamiento integrado y coherente que estructure las teorías del profesor.

De investigaciones centradas en conocimientos conceptuales de profesorado de Física en formación inicial, sobre cuestiones de funcionamiento de circuitos eléctricos de corriente continua (Pontes y Pro, 2001), surgen consecuencias para la enseñanza y la formación de profesorado. Una de sus conclusiones es que *la mayoría de las concepciones alternativas detectadas en los primeros niveles de enseñanza también afectan a los titulados universitarios que aspiran a ser profesores*. En el Cuadro 1.7 se resume las principales dificultades del aprendizaje de conceptos básicos de electrocinética.

- *Asocian los términos de corriente y energía eléctrica, considerando que ambos conceptos representan lo mismo, porque entre otras cosas, se producen en la pila y se “consumen” a lo largo del circuito.*
- *No contemplan la necesidad de que el circuito esté cerrado para que funcione, al creer que la corriente eléctrica puede mantenerse circulando desde el generador (fuente) hasta los receptores (lámparas).*
- *Se utilizan ideas alternativas acerca de la función de los elementos del circuito: la pila como almacén de corriente, la bombilla como consumidor, etc.*
- *Con frecuencia integran la diferencia de potencial y la intensidad de corriente en una sola propiedad de la corriente eléctrica que se puede transportar, almacenar, gastar.*
- *No se comprende de manera significativa el papel que desempeña la resistencia en la ley de Ohm.*
- *Se considera el generador como fuente de intensidad de corriente fija, de modo que la corriente que sale de la pila se asume como una magnitud constante que parece ser independiente de la estructura del circuito.*
- *Utilizan mecanismos de razonamiento local y secuencial, de modo que al introducir una modificación en un punto del circuito centran su atención en ese lugar y creen que sólo se ve afectado ese punto o los elementos posteriores.*

Cuadro 1.7: *Dificultades del aprendizaje de conceptos básicos de electrocinética en futuros Profesores de Física (Pontes y Pro, 2001)*

Pontes y Pro, aportan también consideraciones referidas a la enseñanza de la electricidad, como por ejemplo que *la perspectiva educativa supone investigar las estructuras conceptuales y los conocimientos procedimentales que utilizan los alumnos en el aprendizaje de la electricidad y que se requiere dedicar mayor atención en el aula a promover situaciones de aprendizaje reflexivo que intencionalmente cuestionen las principales ideas alternativas.* Afirman además, que estos planteamientos también *deben utilizarse en la enseñanza superior donde **los futuros profesores deberían tener la oportunidad de reflexionar, desde una perspectiva científica, sobre sus conocimientos y los contenidos del currículo de la materia que van a impartir.***

Teniendo en cuenta que desde la investigación educativa (Jiménez, 1998) se pone énfasis en indicar la importancia de que el profesorado de ciencias enseñe estrategias de razonamiento y argumentación en las clases de ciencias, y vista la problemática que representa enseñar y aprender cuestiones de electricidad que los documentos oficiales caracterizan como relevantes, se opina que hay evidencia suficiente para sostener que se debería contar con conocimiento científico respecto a la argumentación que utilizan el profesorado y los libros de texto sobre el contenido de referencia.

En el párrafo anterior se ha dicho que deben enseñarse estrategias de razonamiento y argumentación. Debe señalarse que existen diferencias marcadas entre técnicas y estrategias (Monereo, 1997; Monereo y Castelló, 1997; Pozo, 1996; Pozo y Postigo, 1997). Mientras que la técnica es una rutina automatizada como consecuencia de la práctica repetida, las estrategias implican la planificación y la toma de decisiones sobre los pasos a seguir y, en consecuencia, una actividad deliberada y controlada por parte del alumnado. Las estrategias incluyen las técnicas e implican un uso intencionado de las mismas en función de los objetivos de la tarea. Por otra parte debemos tener en cuenta que el conocimiento conceptual específico es un factor determinante en la eficacia para el uso de estrategias de razonamiento y aprendizaje (Álvarez y cols., 1999; Jiménez, 1998) y que no se aprenden con independencia del contenido al que se aplican (Pérez Echeverría y Pozo, 1994).

En definitiva se ha puesto de manifiesto que los alumnos y las alumnas evidencian dificultad para convertir sus conocimientos científicos descriptivos y conceptuales en acciones o predicciones eficaces y viceversa (Pozo y Gómez Crespo 1998); a veces ejecutan acciones que son incapaces de describir o definir. Así, por ejemplo en nuestro caso, el alumnado aprende fácilmente que para calentarse debe enchufar a la red la estufa eléctrica para que la resistencia se ponga al rojo vivo, pero le resulta mucho más difícil establecer con detalle en que criterios basa esta forma de proceder. En el caso que nos ocupa, objeto de investigación en este proyecto, **más difícil le resultará argumentar sobre por qué, entre varias estufas de diferente resistencia eléctrica, ha elegido como la estufa que más calienta aquella que tiene menor resistencia.**

El uso y dominio de las técnicas que están incluidas en una determinada estrategia es una condición necesaria para el dominio de la misma, pero no suficiente. El dominio de una estrategia, en este caso de razonamiento, para justificar el incremento de temperatura y el cambio de color de la resistencia, requiere de otros componentes cognitivos: en el ejemplo anterior, en el caso que nos ocupa, energía, calor, temperatura, conductor de corriente, intensidad de corriente eléctrica, diferencia de potencial, resistencia eléctrica, ley de Ohm, potencia eléctrica. Son necesarios unos conocimientos temáticos específicos (Couce y col., 1999; Domínguez y col., 1998a, 1998b, 1998c) que incluyan

información verbal, pero también conceptual, para la comprensión sustancial y por lo tanto significativa de la tarea encomendada.

En síntesis, el tema de investigación se selecciona teniendo en cuenta las perspectivas actuales de la Enseñanza de la Ciencia (Duschl 1990, 1995, 1998; Eichinger y cols., 1991; Osborne y Freyberg, 1991) y los contenidos propuestos por el marco legal, tanto para el Área de las Ciencias Naturales en los niveles de la Educación General Básica (MCE, 1995; DGCE, 1995; DGCE, 1999a) y Polimodal (MCE, 1997a; DGCE, 1998b, 1998c) y la nueva Educación Secundaria (DGCE, 2006a), como así también para la Práctica de la Enseñanza de las Ciencias Naturales en la Formación Inicial de profesorado (MCE, 1997b, 1998, MCE, 1997c, 2000; DGCE, 1997a, 1997b, 1997c, 1997d; 1998a, 2000).

Según advierte Duschl (1995) son poco frecuentes las oportunidades que se brindan al estudiante para razonar en un contexto real. Por lo tanto se cree conveniente seleccionar un contenido curricular, que también cumpla la otra condición que señala Duschl, que constituya un *problema real*, es decir, relacionado con un fenómeno cotidiano y familiar para el estudiante o para quien razone sobre él; en el caso de esta investigación: el profesorado en formación inicial y en ejercicio. Del análisis de los contenidos relacionados con el currículo oficial, se ha seleccionado el problema de la transformación de energía en una resistencia eléctrica, porque reúne las condiciones anteriormente citadas.

Se ha considerado necesario dar un paso más respecto de la literatura científica revisada y avanzar hacia la exploración de qué fundamento científico selecciona el profesorado y los libros de texto como respaldo de los argumentos utilizados cuando razonan sobre hechos y fenómenos reales. *En la presente investigación se estudia qué significado tienen los parámetros (V , I , P , R) para el profesorado, de la muestra investigada, y cómo los utilizan cuando elaboran estrategias de argumentación para interpretar la transformación de la energía eléctrica en una resistencia óhmica.* Idea recogida de una de las salidas integradoras de la Actividad Abierta *Circuito* del proyecto *AcAb Física* (García Rodeja y cols., 1994), pues se considera que dicho conocimiento sobre profesorado y libros de texto, será útil para el diseño de estrategias de enseñanza que faciliten el aprendizaje de los alumnos (Duschl, 1998, Jiménez Aleixandre, 1998) y posiblemente aporte a la comprensión de los *procesos* de construcción

del conocimiento en el aula que, según muestra la investigación educativa, en muchos casos da *resultados* alejados del conocimiento académico aceptable.

1.2.5.2. Perfil argumentativo. Componentes del problema

Es creciente el número de investigaciones realizadas sobre argumentaciones que utiliza el alumnado de ciencias de Primaria y ESO (Eichenger y cols., 1991; Kelly y cols., 1998; Jiménez Aleixandre y cols., 1997; Álvarez y cols., 1998; Álvarez y cols., 1999; Jiménez Aleixandre, 1998) cuando discuten en pequeño grupo situaciones reales o resuelven problemáticas en el laboratorio (Díaz de Bustamante, 1999; Reigosa Castro y col, 2000; Reigosa Castro, 2002).

Se identifica también una línea de investigación emergente que toma como objeto de estudio el profesorado de ciencias. Entre algunas perspectivas motivo de estudio es posible citar: el conocimiento profesional del profesorado (Porlán y Rivero, 1997; Cañal, 2000), profesorado en formación inicial (Mellado, 1996), la formación y prácticas del profesorado en ejercicio (Valcárcel y Sánchez, 2000; Pro Bueno y cols., 2000; López Rodríguez y Jiménez Aleixandre, 2001), desarrollo profesional del profesorado (Furió y cols., 2002) y concepciones del profesorado (Guisasola y cols., 2005).

Mellado Jiménez (2003) señala que la comprensión de los procesos de cambio didáctico del profesorado es un tema relevante de la agenda internacional de investigación educativa. Sin embargo, la información disminuye aún más cuando el tema investigado tiene como objetivo poner de manifiesto los elementos de argumentación que utiliza el profesorado cuando razona, desde la ciencia del docente, sobre hechos reales y cotidianos. Entre ellas, se encuentra el análisis de las explicaciones de profesores y las representaciones de las ciencias durante la instrucción (Rusell, 1983) y nuestro aporte del estudio de argumentación de formación inicial de profesorado (García de Cajén y cols., 2001).

Otra línea que se identifica, toma como objeto de estudio los textos escolares. Martínez Losada y col. (2003) aporta información sobre las distintas perspectivas en las que se estudian los libros de texto: el tratamiento conceptual que proponen en un núcleo temático (Jiménez Aleixandre, 1994), la

comprensibilidad de la información según su estructura, pautas de razonamiento empleadas (Álvarez, 1997; Rial y García-Rodeja, 1999), las actividades que proponen (García-Rodeja, 1997), entre otras.

La revisión bibliográfica de Calvo Pascual y Martín Sánchez (2005) aporta otros aspectos que han sido motivo de análisis en la investigación de libros de texto: contenido (calidad, cantidad y exactitud de la información), método (organización y adaptabilidad) y objeto material (solidez, manejabilidad, y costo); características y extensión de los contenidos; visión sobre la ciencia; carencias epistemológicas; estudio de un tema específico; relación con procesos de pensamiento; estudio de actividades en general, de actividades de lápiz y papel, de actividades experimentales, ilustraciones, e ideas previas.

Sin embargo, encontramos que también en la línea de investigación de libros de texto, la información disminuye cuando el tema investigado tiene como objetivo poner de manifiesto los elementos de argumentación (Álvarez, 1997; Jiménez Aleixandre y cols., 2005; García de Cajén y Domínguez Castiñeiras, 2005).

Se ha puesto de manifiesto que estas líneas de estudio de argumentaciones se enriquecen con aportaciones resultantes de investigaciones llevadas a cabo en el Departamento de Didáctica de las Ciencias Experimentales de la Facultad de Ciencias de la Educación, USC.

De este modo parece que se detecta que es muy escasa la investigación que constata:

- Si el currículo oficial, emanado de la Reforma educativa, el profesorado en formación inicial y en ejercicio, y los libros de texto que se recomiendan al alumnado, fomentan el uso de estrategias de razonamiento cuando resuelven problemas sobre fenómenos reales.
- La relación que pueda existir entre el posible perfil de argumentación propuesto por el currículo oficial, los posibles perfiles de argumentación de los profesores en formación inicial y en ejercicio y los posibles perfiles de argumentación de los libros de texto que son soporte de la ciencia escolar e instrumentos utilizados habitualmente por el profesorado y alumnado en la formación en ciencias.

1.3. Problemas de investigación

Surgen así los siguientes problemas que dan origen a esta investigación.

¿Fomenta el currículo oficial el aprendizaje de estrategias de argumentación para la resolución de problemas reales?

¿Cuáles son los posibles perfiles de argumentación de los libros de texto que el profesorado en formación inicial y en ejercicio recomienda al alumnado de 12 a 17 años, cuando dan solución a los problemas reales antes mencionados?

¿Cuáles son los posibles perfiles de argumentación del profesorado de Física, en formación inicial y en ejercicio, cuando resuelven dichos problemas reales?

Finalmente consideramos importante plantear un cuarto problema integrador de los tres anteriores.

¿Existen relaciones entre el perfil de argumentación propuesto por el currículo oficial, los perfiles de argumentación del profesorado en formación inicial y en ejercicio, y los libros de texto citados anteriormente?

1.4. Objetivos de la investigación

Se pretende poner en evidencia las diferencias y posibles relaciones entre las estrategias de argumentación propuestas por la Reforma educativa en vigencia, las estrategias de argumentación que se ponen de manifiesto cuando el profesorado de la muestra objeto de investigación resuelve un determinado problema relacionado con la transformación de energía eléctrica en una resistencia óhmica y las estrategias de argumentación que subyacen en los libros de texto que tal profesorado recomienda a su alumnado de 12 a 17 años. Dichos objetivos se concretan en los siguientes:

- Hacer explícito si el currículo oficial de la reforma promueve estrategias de argumentación a la hora de resolver problemas planteados como pequeñas investigaciones.

- Extraer de los libros de texto, propuestos por el profesorado de la muestra investigada a su alumnado, las posibles estrategias de argumentación

relacionadas con la resolución del problema de transformación de energía eléctrica en una resistencia óhmica.

- Hacer explícitas las posibles estrategias de argumentación que el profesorado en formación inicial y en ejercicio utiliza cuando tiene que resolver un problema planteado como una pequeña investigación. En nuestro caso, la elección de la estufa que calienta más, entre dos estufas de diferente resistencia eléctrica.

- Establecer las posibles relaciones entre las estrategias de argumentación propuestas por la Reforma educativa, las estrategias de argumentación del profesorado y las estrategias de argumentación propuestas por los libros de texto.

Colateralmente, los resultados obtenidos permitirán, con probabilidad, emitir juicios de valor, que no son objeto de investigación en la presente Tesis Doctoral, sobre las posibles estrategias de argumentación que el profesorado utilizaría en sus intervenciones en el aula al implementar unidades didácticas con actividades abiertas del campo de la electricidad. Esto posibilitará dejar planteadas nuevas perspectivas de investigación relacionadas con la intervención educativa del profesorado en relación con los libros de texto, en el marco de los fines que proponen los nuevos cambios educativos.

1.5. Hipótesis de trabajo

A partir de los problemas y objetivos de la investigación es posible emitir las siguientes Hipótesis de Trabajo:

Hipótesis 1: Referida al perfil argumentativo del currículo oficial

El currículo oficial emanado de la reforma señala que el alumnado debe aprender estrategias de argumentación para la resolución de problemas reales planteados como pequeñas investigaciones.

Hipótesis 2: Asociada con el perfil argumentativo de los libros de texto

La práctica totalidad de los libros de texto de la muestra investigada no utilizan estrategias de argumentación para la resolución del problema planteado. En aquellos casos que sí lo hacen, los argumentos que se construyen no conducen a la interpretación del fenómeno real.

Hipótesis 3: Relacionada con el perfil argumentativo del profesorado

La práctica totalidad del profesorado de la muestra investigada no utiliza estrategias de argumentación para la resolución del problema que se les plantea. En aquellos casos que sí lo hacen, las estrategias de argumentación de dicho profesorado contienen argumentos que se elaboran utilizando un conocimiento científico básico alejado del conocimiento científico académico deseable.

Hipótesis 4: Respecto de la relación entre perfiles argumentativos de los profesores, de los libros de texto y del currículo oficial

Las estrategias de argumentación del profesorado coinciden, en su gran mayoría, con las estrategias de argumentación de los libros de texto que proponen para consulta del alumnado. Prácticamente no siguen las indicaciones del currículo oficial en relación con la argumentación en la resolución de problema real.

1.6. Plan de trabajo

Establecidas las hipótesis de trabajo, se procede a la formulación del plan de trabajo a seguir en el desarrollo de la Tesis. El mismo está condicionado por dichas hipótesis, fundamentadas en líneas de investigación didáctica, así como en la concepción de la ciencia y del proceso de enseñanza y aprendizaje de la misma que tienen claras implicaciones en nuestra concepción de la labor docente. Se establecen tres fases.

Fase 1. Preparación de la fase experimental

• Se selecciona la muestra experimental

En el marco de la carrera de Profesorado de Física y Química, donde la responsable de este trabajo de investigación cumple funciones de formadora de profesorado, es posible tomar muestra de los tres elementos siguientes:

- Los documentos relacionados con el currículo oficial vigente.
- El profesorado en formación inicial, próximo a graduarse, y de profesorado en ejercicio, en formación permanente.
- Los libros que el profesorado en formación inicial y en ejercicio, proponen como libros de texto al alumnado de 12 a 17 años.

- *Se identifican los problemas de investigación*

- Relacionados con el currículo oficial

La Reforma del Sistema Educativo vigente desde 1995 en la jurisdicción de la Provincia de Buenos Aires, implantó una serie de exigencias y cambios. Ese currículo convive con nuevos cambios curriculares que se implementan a partir de 2007. El interés se centra en hacer el vaciado de los diferentes documentos relacionados con el currículo oficial, para constatar qué estrategias de argumentación propone la reforma como objeto de aprendizaje.

Se exploran también las posibles relaciones del currículo con el conocimiento puesto de manifiesto por el profesorado y libros de texto, de la muestra investigada.

- Relacionados con los libros de texto de los alumnos

Considerando que los libros de texto son el material curricular más utilizado para la enseñanza de las ciencias (Campanario, 2003) en todos los niveles educativos y que constituyen uno de los recursos más utilizados para el aprendizaje del alumnado, se explora qué estrategias de argumentación emplean y qué relación tienen con las directrices emanadas del currículo oficial y con el conocimiento puesto de manifiesto por el profesorado.

La muestra de libros de texto está constituida por los libros de texto que el profesorado de la muestra investigada, proponen consultar a sus alumnos.

- Relacionados con el profesorado

En cuanto al profesorado en formación inicial, se trabaja con una muestra reducida y voluntaria de profesorado próximo a graduarse, que realiza su Práctica docente en EGB3, actual ESB (12 a 14 años).

En cuanto al profesorado en ejercicio, se toma una muestra reducida y ocasional de profesorado de Física, en instancia de formación permanente del Área de Ciencias Naturales, con desempeño en EGB3 y Polimodal, que equivalen a la nueva Educación Secundaria (12 a 17 años).

Se explora qué conocimiento utilizan, qué estrategias de argumentación emplean, qué tipo de comunicación establecen y las posibles relaciones con las

directrices emanadas del currículo oficial y con el conocimiento puesto de manifiesto en los libros de texto.

Fase 2. Aplicación de las estrategias de recogida de la información

Los instrumentos que se utilizan para caracterizar la muestra varían en función del elemento de que se trate (currículo oficial, libros de texto y profesorado).

- ***Caracterización del currículo oficial***

La caracterización del currículo oficial se realiza a partir de los documentos emanados de la reforma vigente, incorporando información sobre los avances en el nuevo cambio educativo de la Provincia de Buenos Aires. Se aplica el vaciado de la información utilizando una variante de la clave de *vaciado* que propone Domínguez y col. (1997b). Para el análisis de resultados se categoriza las estrategias de argumentación en relación con las habilidades de comunicación (Duschl y Gitomer, 1996) propuestas por el currículo.

- ***Caracterización de los libros de texto:***

A continuación de la actividad propuesta al profesorado para que resuelva un problema real, se presenta una encuesta corta diseñada para registrar las referencias de los libros de texto que el profesorado de la muestra investigada recomienda al alumnado de 12 a 17 años.

Se aplica el vaciado de los textos explicativos sobre el fenómeno de la transformación de la energía eléctrica en una resistencia óhmica, desarrollados en los libros de texto. Se obtiene así información sobre qué conocimiento y cómo se lo utiliza en relación con el tratamiento del fenómeno en que se centra el problema real.

- ***Caracterización del profesorado***

Para recoger la información que permita caracterizar al profesorado de la muestra objeto de investigación, se diseña una prueba de lápiz y papel conteniendo un problema real que permita poner de manifiesto los argumentos del profesorado al razonar sobre la solución del problema planteado (Eichenger y

cols., 1991). El *problema real* se diseña a partir de una de las salidas integradoras de la *Actividad Abierta (AcAb): Circuito* (García-Rodeja y cols., 1994; Domínguez Castiñeiras y Pro Bueno, 2006). La prueba que se elabora se presenta como una actividad colaborativa y centrada en el profesorado, ya que la intención es proporcionar oportunidad para que el profesorado construya en grupo sus propios argumentos y desarrolle una interpretación conceptual, socialmente compartida y académicamente deseable. Se aplica prueba piloto de validación del instrumento de recogida de información, en contexto de formación de profesorado.

La actividad se implementa durante una sesión específicamente pautada con profesorado en formación inicial, que interactúa en pareja, y durante una sesión de formación permanente con profesorado en ejercicio que participa en una instancia individual y luego interactúa en grupo pequeño, teniendo oportunidad de confrontar sus argumentos y desarrollar interpretaciones nuevas y socialmente construidas. El discurso registrado brinda información conocimiento científico básico, estrategias de razonamiento y comunicación.

Fase 3. Análisis de resultados y establecimiento de conclusiones

• Elaboración del esquema referencial de argumentación

Uno de los mayores problemas de la investigación del conocimiento por medio de estudios interpretativos, es llegar a consensuar el conocimiento que tienen los investigados, superando el círculo hermenéutico que supone el hecho de que el conocimiento que tiene el investigador, sobre el conocimiento de los investigados, depende de la interpretación del investigador que, a su vez, está condicionada por el propio conocimiento de éste (Kesidou y Duit, 1993).

Consecuentemente con lo anterior y a partir de la selección de los contenidos objeto de aprendizaje propuestos por el currículo oficial, se clarifica el contenido básico objeto de aprendizaje poniendo de manifiesto cómo es contemplado en la actualidad por la comunidad científica. Para los propósitos de análisis se considera el problema a resolver como una tarea de razonamiento en la que se elaboran argumentos.

Sugiere Toulmin (1995), que las argumentaciones, en las comunidades científicas, contienen elementos predecibles que se relacionan de forma también

predecible que es posible de representar mediante un Patrón de argumentación de Toulmin (TAP). Se elabora un TAP referencial, representativo del conocimiento académico deseable, que se utiliza, no sólo para orientar en el diseño de la actividad problema sino también como instrumento de evaluación de los perfiles de argumentación de la muestra objeto de investigación.

El TAP constituye el referencial para organizar el conocimiento construido por los libros de texto en el tratamiento del fenómeno y por el profesorado en la explicación del problema planteado. La dificultad para el uso del TAP viene dada por las interpretaciones que se admiten o aceptan para la consideración o no de cada elemento de la argumentación. En este nivel de toma de decisiones, surge información sobre operaciones epistémicas y de comunicación del discurso académico.

De manera que se utiliza el instrumento de Toulmin para el análisis de perfil argumentativo del profesorado y de los libros de texto. Mientras que el perfil argumentativo del currículo oficial, utiliza una Tabla referencial construida a partir de la consulta a la bibliografía de la línea de investigación en argumentación en ciencias. Tales referenciales sirven para proceder al análisis de resultados para cada una de las hipótesis de trabajo objeto de investigación.

- *Hipótesis de trabajo 1*

Análisis de resultados relativos al currículo oficial

Se establecen conclusiones respecto de la Hipótesis de Trabajo 1.

- *Hipótesis de trabajo 2*

Análisis de resultados relativos de los libros de texto.

Se establecen conclusiones respecto de la Hipótesis de Trabajo 2

- *Hipótesis de trabajo 3*

Análisis de resultados relativos del profesorado

Se establecen conclusiones respecto de la Hipótesis de Trabajo 3.

- *Hipótesis de trabajo 4*

Contraste de los resultados la HT2 con los de la HT3.

Contraste de los resultados de HT2 y HT3 con los de HT1

Se establecen conclusiones respecto de la Hipótesis de Trabajo 4.

- *Se establecen conclusiones generales.*

Mediante una V de Gowin, que se ilustra en la Figura 1.6.1, se integran los diferentes elementos del presente trabajo de tesis –acontecimientos, preguntas centrales, marco teórico y marco procedimental, con el objeto de facilitar una visión globalizada de la misma.

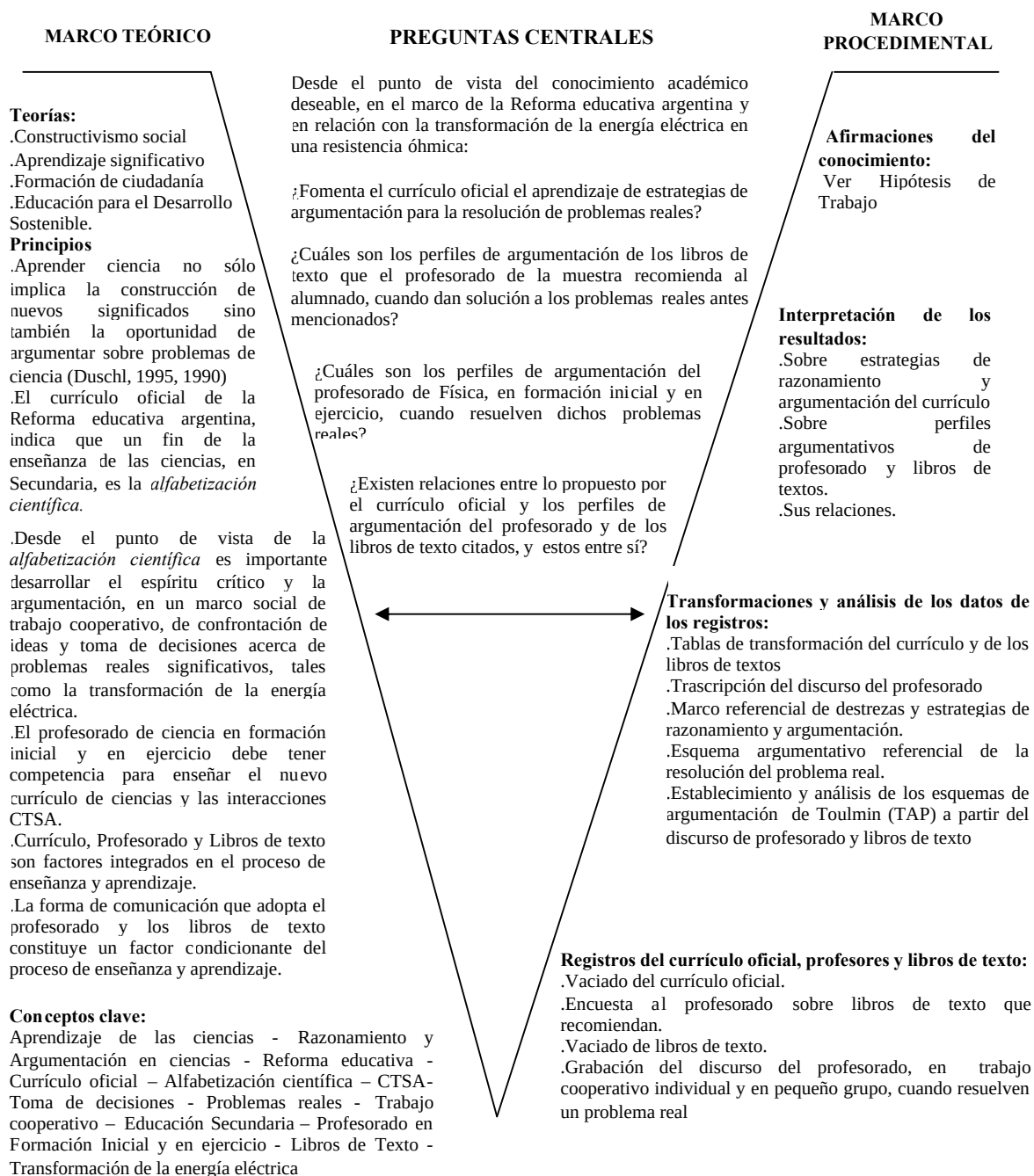


Figura 1.6.1: V de Gowin representativa de las claves del trabajo de Tesis

CAPITULO 2

DISEÑO EXPERIMENTAL DE LA INVESTIGACIÓN

En este capítulo se presenta el diseño experimental de la investigación, indicándose el fundamento y el diseño de los instrumentos utilizados para determinar la muestra del currículo oficial, libros de texto y profesorado. También las estrategias de recogida y análisis de la información aplicadas en cada caso. Para ello hemos distinguido los siguientes apartados:

2.1. La muestra: currículo oficial, libros de texto y profesorado. Se especifica qué documentos oficiales conforman la muestra objeto de investigación. Idénticamente se procede con libros de texto y profesorado. En cada caso se explicita la estrategia de determinación de la muestra, en vinculación con las posibilidades que brinda el contexto de investigación.

2.2. Estrategia de recogida de información. Instrumentos. La información del currículo oficial se obtiene mediante una estrategia de *vaciado* de fundamentos, criterios de categorización y contenidos procedimentales del Área de Ciencias Naturales y Física, en los niveles de enseñanza de EGB, Polimodal y Formación Inicial de Profesorado, según la estructura del sistema educativo de la Provincia de Buenos Aires (Tabla 1.3, pp.19). Esta estrategia requiere de una visión global del conjunto de procedimientos hasta la especificidad de cada enunciado. La información se vuelca en Tablas (Anexo I, pp.529), identificando para cada procedimiento disciplinar a qué categoría corresponde, según criterios que establece el currículo para los procedimientos generales del Área. En cuanto la información del discurso de los libros de texto, se obtiene mediante el *vaciado* de enunciados referidos a la construcción de los conceptos claves y de

la institucionalización del fenómeno físico que se presenta en el *problema auténtico*, especialmente diseñado.

Mientras que el discurso del profesorado, en formación inicial y en ejercicio, se registra durante sesiones en las que se resuelve tal *problema auténtico*.

2.3. Estrategias de análisis de la información. Instrumentos. Para el análisis de la información del currículo oficial, se elabora un marco referencial de las destrezas de razonamiento y argumentación y se establece el criterio de su aplicación a la información recogida.

Para el análisis del discurso del profesorado y de los libros de textos, se elabora un esquema referencial de argumentación fundamentado en Toulmin.

Para el establecimiento de la existencia o no de relaciones entre los perfiles argumentativos de currículo, libros de textos y profesorado se elabora una herramienta de evaluación de la calidad de las estrategias de argumentación y comunicación.

2.1. Muestras

2.1.1 Currículo oficial

En las últimas décadas se sucedieron reformas educativas, no sólo en Argentina, sino en distintos países iberoamericanos. Es representativa la situación de cambio educativo español con la LOGSE, la Contrarreforma, la LOCE y el nuevo cambio en marcha.

Señala Pro Bueno (2005), la importancia de *no tirar una reforma educativa sin reflexionar, analizar e investigar sobre ella*. Indicación válida para el cambio educativo argentino, que se propone a partir de la consulta a docentes, padres, alumnos, empresarios y otros representantes de la comunidad. La participación ciudadana y los especialistas curriculares, necesitan contar con elementos surgidos de la investigación educativa sobre el sistema educativo que se pretende reformar. Ya ha ocurrido, y es posible que vuelva a suceder, que la reforma educativa argentina se funde sobre estudios de reformas de otros países.

Una realidad contextual es que la letra de la ley nacional, no es prescriptiva para las provincias. De manera, que la aplicación de la Reforma Educativa de 1995 no fue uniforme en las distintas jurisdicciones del país. Mientras la Provincia de Buenos Aires y la Provincia de Santa Fe implementaron los cambios según la

reforma (Tabla 1.1, pp.17); la Provincia de Córdoba la implementó con adaptaciones y Ciudad Autónoma de Buenos Aires mantuvo el sistema anterior de primaria y secundaria (Tabla 1.3, pp.19).

A la luz de las anteriores indicaciones (Pro Bueno, 2005), adquiere relevancia tomar los diseños curriculares oficiales como objeto de investigación educativa. En el caso del currículo provincial de Santa Fe, Odetti (2000) lo ha estudiado desde el punto de vista de la coherencia con las orientaciones dispuestas por Ministerio de Educación de Nación respecto al área de las Ciencias Naturales. Resultando que el currículo provincial adopta la clasificación de los Contenidos Básicos Comunes (CBC) -conceptuales, procedimentales y actitudinales- propuesta por Nación, los enuncia casi textualmente, los organiza en ejes temáticos y avanza en selección de contenidos de séptimo, octavo y noveno de EGB3 (12 a 14 años). Resulta relevante la conclusión a la que llega el citado investigador, respecto a que ese diseño *no formula explícitamente contenidos procedimentales relacionados con el razonamiento ni con la argumentación, por lo que quedan fuera de este 3er. Ciclo de EGB las conjeturas y la controversia.*

Lo anterior, despierta interés por conocer si los documentos del ámbito nacional contemplan la enseñanza de estrategias de razonamiento y argumentación y si así fuera, conocer la razón para que la transcripción de los CBC en el currículo provincial de Santa Fe no las refleje explícitamente. La presente investigación estudiará si se los formula, aunque sea implícitamente, en el Diseño Curricular de la Provincia de Buenos Aires.

Relacionar el currículo oficial con contenidos a enseñar a alumnado de 12 a 17 años en centros escolares de la Provincia de Buenos Aires, podría suponer que el documento objeto de estudio debería ser el Diseño Curricular provincial. Sin embargo, el defasaje temporal entre la puesta en marcha de la reforma en aula en 1995 y la publicación efectiva de dicho documento más de cinco años después, implicó que el profesorado del contexto de investigación, respaldara su práctica sobre la consulta de los documentos del ámbito nacional.

Cabe reconocer que la Provincia de Buenos Aires aportó documentos de avance curricular de EGB (DGCE, 1997a, 1997b, 1997c, 1997d), pero estos no enunciaban *contenidos*, que recién aparecerían en el Diseño Curricular del nivel

(DGCE, 1999a), que fuera publicado y puesto a disposición del profesorado recién en el 2002, mientras que en la práctica los años anteriores se estuvo formando alumnado de EGB3, que tuvo sus primeros egresados en 1998.

Por su parte el Diseño Curricular de Polimodal, según el discurso oficial, se encuentra en estado de avance de revisión (DGCE, 2006b), no conformando aún un documento definitivo. El desajuste entre la aparición del Diseño Curricular y la implementación de la reforma en el aula, implicó el fortalecimiento de los CBC de Nación (MCE, 1995), en cuanto referencial de proyectos curriculares institucionales y de aula, motivo para que ocupen un papel relevante en esta investigación. Más aún, si la información vaciada del Diseño Curricular provincial (DGCE, 1999a), muestra similitud textual y organizativa con los CBC. Cuestión posible, ya que en el primer documento oficial provincial (DGCE, 1995) se transcribieron los CBC enunciados en los bloques disciplinares del Área de Ciencias Naturales.

Se señala, que estando vigente de la estructura educativa de la Reforma de 1995, la Provincia de Buenos Aires ha puesto en marcha en 2007 un nuevo cambio educativo (Tabla 1.3, pp.19) estableciendo la nueva Educación Secundaria (12 a 17 años) *equivalente* a los vigentes EGB3 y Polimodal. Significa estar otra vez, en las puertas de un nuevo proceso de redacción de diseños curriculares, que otorga valor a toda a aportación que brinde conocimiento sobre lo que se pretende reformar.

El estado de avance curricular se encuentra a nivel de Diseño de 1er. año de Educación Secundaria Básica (ESB), *equivalente* al séptimo año de EGB. Este nuevo material curricular se incorpora a la muestra, a efectos de recoger información sobre la tendencia del cambio curricular, en el contexto de investigación. Con relación a estos cambios, se conoce que gradualmente se avanzará sobre la revisión del diseño curricular de EGB3 y de la Formación inicial de Profesorado, hasta la implementación plena de la Educación Secundaria. Una diferencia sustantiva que tiene esta nueva construcción curricular respecto a la de la reforma de 1995, es que no cuenta, al menos en un principio, con materiales referenciales del ámbito nacional.

En Tabla 2.1, se indica los Documentos Curriculares Base (DCB), de los diferentes niveles de enseñanza, que de un modo u otro aportan información y

permiten elaborar una visión, general y específica, sobre la cuestión investigada. Del ámbito de Nación, constituyen la muestra los CBC de EGB (MCE, 1995), de Polimodal (MCE, 1997a) y Formación de Profesores de Ciencias (MCE, 1997b; MCE, 1998).

Del ámbito de la Provincia de Buenos Aires (Pcia. Bs.As.), se recoge información de documentos de avance curricular (DGCE, 1995; 1997a, 1997b, 1997c, 1997d), el Diseño Curricular DGCE (1999a) de EGB y el nuevo Diseño de primer año de Educación Secundaria Básica (DGCE, 2006a). También los diseños de espacios curriculares de diferentes modalidades de Polimodal (DGCE, 1998b, 1998c), el estado de avance del Diseño curricular de Polimodal (DGCE, 2006b) y de Formación inicial de Profesorado para EGB3 y Polimodal (DGCE, 1999b).

Documentos Curriculares Base en vigencia				
De la Reforma de 1995			Del cambio 2007	
Nivel	Nación	Pcia.Bs.As	Nivel	Pcia. Bs.As.
EGB	MCE, 1995	DGCE, 1995 DGCE, 1997a DGCE, 1997b DGCE, 1997c DGCE, 1997d DGCE, 1999a	PRIMARIO	
			SECUNDARIO	DGCE, 2006a (1° año)
POL	MCE, 1997a	DGCE, 1998b DGCE, 1998c DGCE, 2006b		
FPC	MCE, 1997b MCE, 1998	DGCE, 1999b		

Tabla 2.1: Muestra objeto de investigación del currículo oficial

Se destaca con negrita (Tabla 2.1) aquellos documentos oficiales, donde se centra el estudio sobre las destrezas de razonamiento y argumentación.

2.1.2 Libros de texto

La investigación existente sobre proyectos curriculares de ciencias en centros escolares, en contexto de cambios educativos (Pro Bueno, 2005), que el recurso más importante es el libro de texto.

Consideramos relevante incorporar a la presente investigación el estudio de una muestra de libros de texto. Dicha muestra se selecciona a partir de una encuesta aplicada al profesorado en formación inicial y en ejercicio en EGB3 y

Polimodal, que después de la resolución del problema real, brindó referencias sobre qué libros aconsejaría consultar al alumnado para profundizar acerca del fenómeno de transformación de energía eléctrica en una resistencia óhmica, fenómeno central del problema. El material de registro de información que incluye el enunciado del problema y la encuesta presentada al profesorado se encuentra en Anexo II, pp.541.

Constituyen la muestra doce libros de texto, cinco del Área de Ciencias Naturales de EGB3 (12 a 14 años) y siete de Física de Polimodal (15 a 17 años). La totalidad, de editoriales ampliamente conocidas, tanto por el profesorado en formación inicial, en ejercicio, como por el profesorado de formadores en ciencias, del contexto de investigación. Se identifica los textos de EGB3 con un código de una letra que representa la inicial de la editorial y un dígito que identifica el curso. En el caso de los textos de Polimodal, en vez de número se utiliza la letra S para indicar que es de edición del ex Secundario anterior a la reforma, y la letra P para aquellos de editados para Polimodal durante la reforma.

De los libros de texto del Área de Ciencias Naturales de EGB3, dos (E8 y S8) corresponden a 8vo. año; dos (E9 y S9) a 9no.año y el restante (P9) integra los tres años de EGB3, a efectos del estudio, por lo que se interpreta abarca hasta 9no.año.

De los libros de texto de Física del Polimodal, cuatro de ellos (AS, LS, ZS, KS) corresponden al que fuera ciclo superior (15 a 17 años) del ex nivel Secundario y perviven con la bibliografía editada durante la reforma educativa de 1995. Esta continuidad de los libros editados en los sucesivos cambios curriculares, ha sido señalada por Fernández González y col. (2005). Los tres restantes (EP, SP, PP) fueron editados bajo la reforma y además de ser citados por el profesorado, fueron seleccionados por el Ministerio de Educación de Nación como material para bibliotecas de escuelas oficiales. Es de esperar que respondan al currículo oficial y además, incorporen alguna aportación, de las tantas existentes, proveniente de la investigación educativa de las ciencias experimentales.

Según el discurso oficial de la educación provincial, los nuevos cambios contarán con libros de texto editados por el propio ámbito oficial. En 2006 se distribuyeron textos de EGB3 (DGCE, 2006c), de autoría estatal. La discusión

surgida sobre dicha autoría, se resolvió llamando a concurso público de autores (DGCE, 2006d) para las próximas ediciones.

Entre los distribuidos no se encuentran textos del Área ni de la disciplina. Con el tiempo irán llegando los productos de los concursos de libros de texto. Pero durante el trabajo de tesis, no se encuentran en existencia, motivo por el cual en la muestra no se incluye ningún texto del nuevo cambio. Es de notar que aunque el discurso oficial señala la tendencia hacia la disciplina, el prediseño curricular (DGCE, 2006a) mantiene el Área vigente en EGB3, consecuentemente los concursos llamados hasta el momento, proponen la redacción de textos del Área de Ciencias Naturales, para 1er. Año de Educación Secundaria (ex 7º año de EGB3) y 2do. año del mismo nivel (equivalente al aún vigente 8vo. de EGB3).

El interés manifestado por el Estado provincial respecto a la edición de libros de texto (Cuadro 2.1), es recogido por la prensa en papel y red, posicionando el tema como objeto de información ciudadana, además de educativa. Situación oportuna para tomarlos como objeto de estudio y aportar conocimientos que podrían ser de utilidad para elaborar criterios sobre los que fundamentar la evaluación y la redacción de los textos nuevos.



Cuadro 2.1: El Estado provincial y la edición de libros de texto. Distribución y concurso (DGCE, 2006c, 2006d)

Teniendo en cuenta el nuevo cambio educativo en la Provincia de Buenos Aires en convivencia con la vigencia de la reforma de 1995, se activa en simultáneo el discurso de la estructura educativa vigente de la reforma de 1995 y el nuevo cambio (EGB3 $\equiv$ ESB (Educación Secundaria Básica); Polimodal $\equiv$ ESP

(Educación Secundaria Polimodal)), de modo ubicar la situación actual y prospectiva de uso de la muestra de textos (Tabla 2.2).

Estructura educativa vigente			Edad (años)	Editorial	Edición (año)	Autoría	Título	CD*
Cambio 2007	Reforma 1995							
EDUCACIÓN SECUNDARIA	ESB	EGB3	12-14	Estrada	1997	Frid, D. y col. (coord.)	<i>El libro de la Naturaleza y la Tecnología</i>	E8
				Santillana	1998	Mérega, H y cols.	<i>Ciencias Naturales</i>	S8
				Estrada	1999	Vázquez, C. y cols. (coord.)	<i>El libro de la Naturaleza y la Tecnología y Libro del Docente</i>	E9
				Santillana	1998	Mérega, H. y cols.	<i>Ciencias Naturales</i>	S9
				Plus Ultra	1997	Reynoso, L.	<i>FÍSICA EGB3</i>	P9
	ESP	POLIMODAL	15-17	Losada	1992	Fernández Serventi, H.	<i>FÍSICA 2</i>	LS
				AZ	1994	Tricárico y Bazo	<i>FÍSICA 5</i>	ZS
				El Ateneo	1995	Miguel, C.	<i>FÍSICA 3</i>	AS
				Kapeluz	1997	Maiztegui y Sábato	<i>FÍSICA II</i>	KS
				Puerto de Palos	2001	Calderón , S. y cols.	<i>FÍSICA, Activa</i>	PP
				Estrada	2004	Rubinstein, J.; Tignanelli, H.	<i>FÍSICA I. La energía en los fenómenos físicos</i>	EP
				Santillana	2004	Mérega, H y cols.	<i>FÍSICA I (Energía. Mecánica. Termodinámica. Electricidad. Ondas. Nuclear)</i>	SP

*CD: Código de libro; Editorial (S=Santillana;...) y Curso o nivel (8= 8vo, EGB3; S=ex Secundario; P= Polimodal)

Por ej.: **SP** = editorial **S**antillana, nivel **P**olimodal

Tabla 2.2: Muestra objeto de investigación de libros de textos

2.1.3 Profesorado

La conformación de la muestra del profesorado requiere estrategias diferenciadas, según se trate de formación inicial o en ejercicio. Se describe el procedimiento aplicado para el logro de cada muestra.

Profesorado en formación inicial

Se recoge la información durante una sesión en la que participan *voluntariamente* dos futuras profesoras (Tabla 2.3), bajo seudónimo Sara (S) y Emma (E), próximas a graduarse en Profesorado de Física y Química (Facultad de Ingeniería, Universidad Nacional del Centro de la Provincia de Buenos Aires). Ambas tienen formación en Didácticas Específicas y cumplieron Práctica Docente en EGB3 y Polimodal, con unidades didácticas de Calor y Temperatura y Electricidad, respectivamente.

Participante	Edad	Sexo	Título, Profesorado en...	Nivel	Práctica docente
Sara (S)	23	F	Física y Química	Universitario	EGB3 y Polimodal
Emma (E)	25	F	Física y Química	Universitario	EGB3 y Polimodal

Tabla 2.3: Muestra objeto de investigación de profesorado en formación inicial

En la sesión, las participantes interactúan en *pareja*. El discurso, se registra en audio y luego se transcribe. En el análisis del discurso se identifican los datos, justificaciones y respaldos, así como su utilización durante la elaboración de la conclusión.

Profesorado en ejercicio

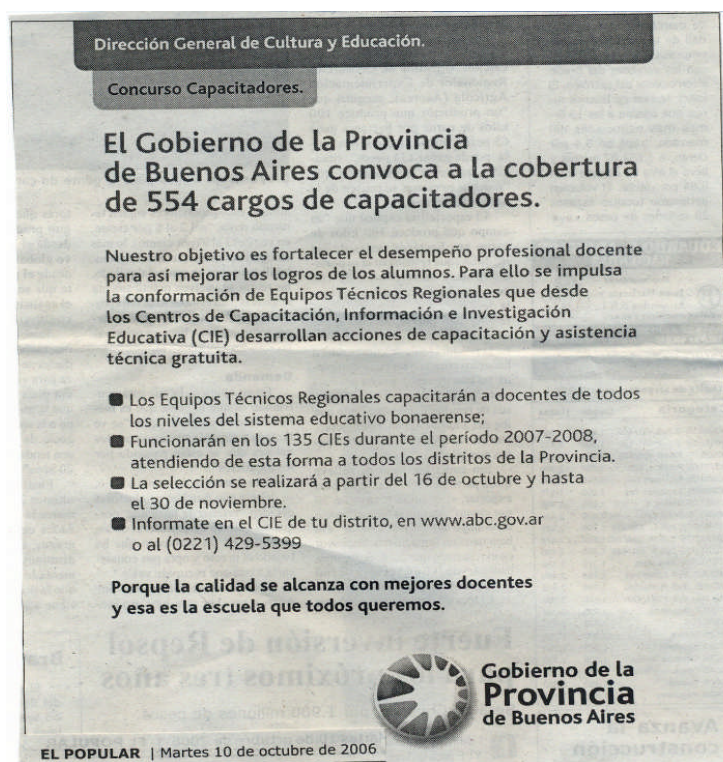
La posibilidad de conformación de esta muestra mantiene estrecha relación con la implementación de la reforma educativa en EGB3, oportunidad en que la Dirección de Cultura y Educación de la Provincia de Buenos Aires (DGCE) puso en marcha un Programa el *Reconversión Docente* para profesorado de 12 a 14 años. El rol de institución de formación permanente que cumplió la Universidad Nacional del Centro de la Provincia de Buenos Aires, permitió interactuar, en el ámbito académico de formación permanente, con el profesorado en ejercicio de cinco ciudades de la región Centro: Azul, Laprida, Olavarría, Rauch, Tandil.

La formación en el Área, delimitó tiempos para la formación en cada disciplina y su práctica. Es así, que sobre una organización de dos cuatrimestres, se asignó para la *reconversión* docente en Física, un sólo encuentro cuatrimestral con un tiempo estipulado de tres horas para Física y una hora para la Práctica Docente de la Física. Tiempo escaso y complejo de gestionar y administrar, más aún teniendo en cuenta la problemática de la baja predisposición del profesorado a capacitarse fuera del horario de servicio y, además, sábado por la tarde.

Las acciones oficiales de formación permanente de profesorado, reaparecen con cada cambio educativo. Si bien este estudio se aplica en el contexto de acciones de la puesta en marcha de la reforma educativa de 1995, bien podrían aplicarse sobre las nuevas acciones que comienzan a ponerse en marcha para el nuevo cambio educativo que instala la Educación Secundaria. En relación con esto, ya se ha visto que el Estado provincial difunde la convocatoria pública (Cuadro 2.2) de formación de Equipos Técnicos Regionales (DGCE,

2006e) para capacitación de aproximadamente 100.000 docentes de la Provincia de Buenos Aires.

Constituye ésta una oportunidad de investigar sobre formación permanente del profesorado en ejercicio, teniendo en cuenta que, según Mellado Jiménez (2003), los sistemas educativos realizan reformas curriculares con la ingenua pretensión que los cambios curriculares bastan para mejorar la enseñanza y olvidan que el profesorado es la clave en la mejora cualitativa de los sistemas educativos y determinan el éxito o fracaso de la reforma curricular. Si como sostiene, *los cambios en educación dependen de los que piensan y hacen los profesores*, el conocimiento sobre la formación del profesorado en ejercicio debería convertirse en cuestión central en la implementación de programas oficiales de formación permanente.



Cuadro 2.2: Divulgación de convocatoria de capacitadores para la Capacitación de profesorado en ejercicio, para la nueva Educación Secundaria (DGCE, 2006e)

Las acciones del *Programa de Reconversión Docente*, donde se recoge información para este estudio, coincidieron con un conflicto docente, prácticamente en la totalidad del territorio provincial. Algunas razones del conflicto, fueron la *obligatoriedad* de capacitarse fuera de servicio y la

reconversión de profesorado generalista o sin formación como profesores en el Área de Ciencias Naturales, para que se desempeñaran como tales en EGB3.

La característica sobresaliente del profesorado participante en los cursos de reconversión fue la heterogeneidad respecto de su formación inicial. Por ejemplo, asistieron a un mismo curso graduados universitarios y no universitarios de profesorado en Ciencias Naturales, Física, Química y Biología; profesionales no docentes, veterinarios, ingenieros, técnicos superiores, entre otros; maestros generalistas, algunos de ellos egresados de las antiguas escuelas normales que tuvieron sus últimos egresados en la década del 70, y técnicos egresados de escuelas secundarias.

La manifiesta complejidad de conformar la muestra de profesorado de Física, en dicha situación real de capacitación docente, requiere elaborar una estrategia apropiada. Para ello se solicitaron a la Universidad los listados de inscriptos en las acciones a implementar en las cinco ciudades del contexto de investigación, encontrando que sólo en tres de ellas -Azul, Olavarría y Tandil- se registra profesorado con formación inicial en Física. Por conocimiento de un posible *boicot* a las acciones del Programa en la sede de Tandil, se descarta la posibilidad de conformar muestra en dicha sede, a pesar que reunía el mayor número de inscriptos con la formación buscada. Decisión evidentemente acertada ya que llegada la instancia del encuentro, la docente-investigadora se encontró con la ausencia total del profesorado inscrito. En consecuencia, se decide que el profesorado de Física inscrito en sede Azul constituya la muestra objeto de investigación, mientras que en la sede Olavarría se realizará la prueba piloto para validar la herramienta y la estrategia de recogida información, que posteriormente se aplicará en el contexto de formación permanente.

De treinta inscriptos registrados en la sede de la ciudad de Azul, sólo ocho tienen formación de profesorado en Física. De ellos, solo cuatro asisten al encuentro, de manera que se conforma la muestra ocasional de profesorado en ejercicio en contexto de formación permanente del *Programa de Reconversión Docente de la Reforma educativa*.

La muestra de profesorado en ejercicio en situación de formación permanente (Tabla 2.4) queda integrada por tres profesoras y un profesor, que denominamos en la presente memoria mediante un seudónimo. La profesora

Zulma (Z) tiene título de Profesora en Matemática, Física y Cosmografía, otorgado por un Instituto Superior no universitario, donde se forma la mayoría del profesorado de Física en ejercicio de la región. Mientras que las profesoras Rosa (R) y Clara (C) y el profesor Oscar (O) tienen título de Profesorado en Física y Química, en el caso de las dos profesoras otorgado por la Universidad del Centro.

La totalidad de los participantes de la muestra, ejercen docencia en el Área de Ciencias Naturales en EGB3 (12 a 14 años), razón que motiva su asistencia a las acciones del Programa de Reconversión. La mayoría de ellos, también lo hacen en Polimodal (15 a 17 años), destacando que el profesor Oscar también ejerce docencia como formador de profesorado de ciencias (FPC) en el mismo Instituto Superior no universitario donde se graduó Zulma.

Participante	Edad	Sexo	Título: Profesorado en...	Nivel del título	Año egreso	Desempeño docente
Zulma (Z)	33	F	Matemática, Física y Cosmografía	No universitario	1993	EGB3
Rosa (R)	34	F	Física y Química	Universitario	1989	EGB3 y Polimodal
Clara (C)	35	F	Física y Química	Universitario	1987	EGB3 y Polimodal
Oscar (O)	51	M	Física y Química	Universitario	1986	EGB3, Polimodal y FPC

Tabla 2.4: Muestra objeto de investigación de profesorado en ejercicio

En la sesión interactúan primero en forma individual, luego en grupo. El discurso se registra en audio y video, durante la aplicación de un problema auténtico, luego se procede al análisis utilizando una herramienta específica para el estudio patrones argumentativos.

2.2. Estrategia de recogida de información. Instrumentos

En este apartado se presentan las estrategias que se han diseñado para recoger la información, objeto de investigación. Los instrumentos que se utilizan para caracterizar la muestra varían en función del elemento de que se trate (currículo oficial, libros de texto, profesorado).

2.2.1. El currículo oficial

Jiménez Aleixandre (1998) señala lo interesante que es conocer lo que pasa dentro de las clases, especialmente respecto de si los alumnos razonan en

términos científicos. Relaciona esto con el *Diseño Curricular* al que concibe como *el punto de encuentro entre reflexiones teóricas sobre modelos de aprendizaje y la puesta en práctica de estrategias*.

La literatura de la investigación educativa indica que existen diferentes visiones sobre el currículo. Visiones que van desde la concepción de currículo limitado a los contenidos hasta aquella que además incluye las intenciones educativas, el plan de instrucción y la descripción de lo que ocurre en el aula (Caamaño, 1988).

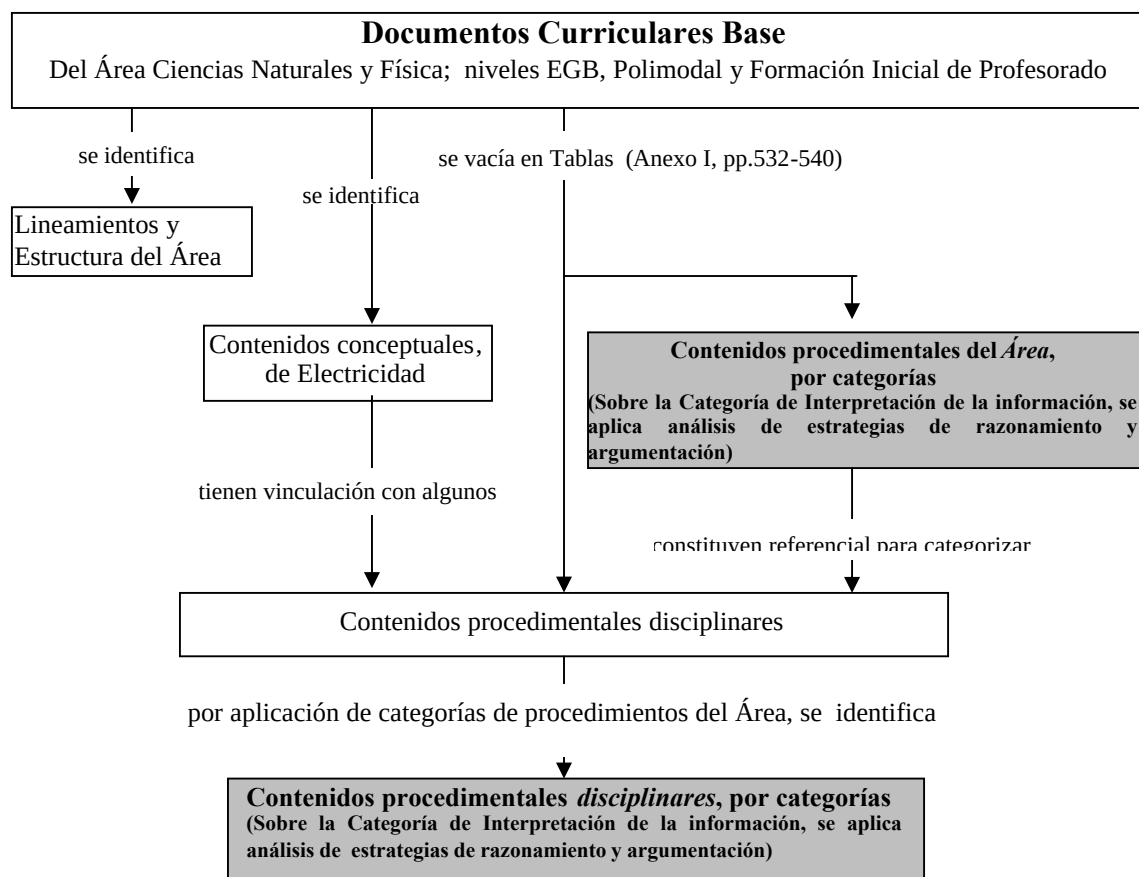
Dentro del amplio espectro de significación del currículo, Caamaño (1988) sostiene que el currículo debe dar información respecto a qué enseñar (contenidos), con qué finalidad (los objetivos), cómo enseñar (las orientaciones didácticas) y qué, cómo y cuando evaluar (la evaluación), diferenciando el diseño curricular de lo es un desarrollo de aula.

Pro Bueno y col. (2001), de sus reflexiones sobre qué contenidos de Física deberían indicar los nuevos currículos, señala la importancia que enseñar la estructura disciplinar contextualizada en preguntas, situaciones o problemas de la vida cotidiana; incluir aspectos de cultura científica tales como rigor, curiosidades y argumentaciones; integrar implicaciones tecnológicas, sociales e históricas del conocimiento e implicarse en la resolución de problemas ciudadanos. También, hace un llamamiento para incorporar poco a poco la física de los problemas actuales.

La multitud y variedad de elementos e interacciones que representa el diseño curricular otorga un dinamismo transformador de perspectivas que *evolucionan*, reforma tras reforma, hacia paradigmas que complejizan lo que se entiende por educación científica. De la enseñanza de ciencia por sí misma, pasando por la vinculación con la Tecnología, con los problemas sociales y ambientales, se promueve hoy la educación para la *sostenibilidad*. Surge la demanda de actividades de aula que contemplen la nueva perspectiva. Enlazado con ello, los currículos de formación inicial y permanente del profesorado no deberían desconocer la *complejidad* (Mellado Jiménez, 2003; Bonil y col., 2005b) que representa formar formadores con competencias para realizar *interacciones CTSA* y *tomar decisiones* (Solbes y col., 2005) en el aula de ciencias.

Como se indicó, investigar el perfil argumentativo del currículo oficial demanda una *estrategia de vaciado* (Domínguez y col.,1997b; Couce y col., 1999), que permite recoger información acerca de los contenidos procedimentales que allí se enuncian en el Área de Ciencias Naturales y en la disciplina Física, en EGB, Polimodal y Formación Inicial de Profesorado.

Nótese que dicha estrategia de vaciado, aunque desde una concepción simplificadora podría parecer un simple proceso de transcripción, en la práctica es un proceso *orientado* a la búsqueda de información específica que requiere de *toma de decisiones* sobre *qué y dónde* se recoge. Decisiones que requieren contar con referenciales teóricos (Sevilla, 1994; Pozo y col., 1995; Pro, 1998) sobre distintas formas de clasificar los contenidos procedimentales del currículo, lo que facilita la elaboración de una estrategia de vaciado orientada a interpretar e identificar los posibles procedimientos de razonamiento y argumentación, que se representa en el Esquema 2.1.



Esquema 2.1: Estrategia de vaciado de contenidos procedimentales del área y sus disciplinas

En el Esquema 2.1 se representa la estrategia de vaciado, que parte de una visión global de los documentos oficiales, de la muestra investigada, y a medida que avanza se acerca a recortar los contenidos procedimentales que impliquen razonamiento y argumentación. Esta visión global y el vaciado de información de contenidos procedimentales de las distintas disciplinas del área a lo largo de los distintos niveles educativos, se asumen desde la postura de considerar que el aprendizaje de las estrategias de razonamiento y argumentación requiere de una construcción sostenida en el tiempo y conjunta entre las disciplinas del Área de ciencias, con importante dependencia de la formación alcanzada por el profesorado que debería enseñarlas. Como los procedimientos que se estudian, requieren de contenido, resulta relevante contar con información sobre contenidos relacionados con la temática del problema auténtico, razón por la que se identifican contenidos conceptuales de electricidad.

Esta información se relaciona luego con la información respecto a estructura del Área, fundamentos de las categorías de los *Procedimientos de Investigación Escolar* que indica el Área, contenidos procedimentales del Área organizados en categorías, para todos los niveles educativos y contenidos procedimentales de las disciplinas del Área tomados de EGB, por ser el nivel que los especifica.

Las categorías de procedimientos del Área que establece el currículo oficial, se aplican a los contenidos procedimentales enunciados en las disciplinas. Estrategia interpretativa que permite identificar los posibles procedimientos de razonamiento y argumentación.

Resultado del vaciado se dispone de los procedimientos generales del Área, que el propio currículo organiza en categorías. También, los procedimientos de las disciplinas de dicha Área, sobre los que se aplica un proceso de categorización, los mismos criterios que el currículo indica para los procedimientos generales. Estos dos conjuntos de procedimientos se los remarca con negrita, en Esquema 2.1 (pp.61), a efectos de destacar que son motivo de análisis en la presente investigación.

2.2.2. Libros de texto

En el contexto de investigación, es incipiente la investigación didáctica sobre la bibliografía escolar editada durante la Reforma. Se ha encontrado información que brinda el propio autor de libros cuya edición es tan reciente que aún se desconoce el impacto de su uso en el ambiente escolar (Mateu, 2005), además de ser una autoevaluación del autor sobre su propia obra.

En otros países, por ejemplo España, donde el estado regula la *supervisión* de los libros de texto y otros materiales curriculares para la enseñanza, en el marco de la legislación -Real decreto 388/92, Orden del 02/06/92, Orden del 12/06/92, Decreto 1744/98- que indica Calvo Pascual y Martín Sánchez (2005), se efectuaron numerosos trabajos de investigación didáctica sobre diferentes aspectos de los libros de texto de ciencias.

Según la revisión bibliográfica que realizaron los citados autores sobre la investigación del libro de texto, concluyen que el desarrollo del currículo oficial depende en gran medida dichos libros, ya que la mayoría del profesorado los utiliza como principal recurso didáctico destacando que, en muchas ocasiones, es casi el único recurso.

También, han puesto de manifiesto la evolución de la definición de *libro de texto*, desde manual escolar, material impreso, estructurado, destinado a utilizarse en un determinado proceso de aprendizaje y formación; a recurso didáctico que ofrece al alumno información relevante de un nivel, curso o disciplina sistematizada y adecuada al currículo en el se inscribe, según el *Diccionario de Ciencias de la Educación*; luego como recurso técnico-educativo, legalmente reconocido, que abre al usuario a la realidad cultural, científica y socio-personal de su tiempo; hasta material básico para la clase y la herramienta más genuina para el profesor y para el alumno, que no es ni más ni menos que casi la totalidad del currículo.

Los libros de texto utilizan mecanismos literarios para transformar los fenómenos que se enseñan en la ciencia escolar. El análisis de la dimensión retórica (Izquierdo y cols., 2005), permite caracterizar las narraciones de los textos en cuanto a modelo de ciencia, modelo de lector, tipo de intervención docente, hechos de lo que se habla. Tomar el discurso de los textos como objeto de estudio, reviste tal complejidad que vale como ejemplo el citado estudio de

retórica que analiza veinte libros de texto, abordado como investigación conjunta de un grupo de veinte profesores del Lenguaje y de la Enseñanza de las Ciencias donde cada texto es estudiado por tres investigadores.

Parece no existir investigación que constate los posibles perfiles de argumentación de los libros de texto que son soporte de la comunicación de la ciencia escolar y constituyen un recurso de consulta para el alumnado, sobre la cuestión de la transformación energía eléctrica en una resistencia óhmica.

También se ha evidenciado (Fernández González y cols., 2005) el papel que cumplen, en los libros de textos, las analogías como recurso didáctico para dar sentido a lo desconocido y en cierta manera como ayuda para el razonamiento sobre nuevos tópicos científicos. No escapa a ello el tratamiento que hacen del fenómeno, de transformación de energía eléctrica en una resistencia, al hablar en lenguaje de la ciencia escolar.

Señalan Einstein e Infeld (1986) que *es asombroso el fenómeno que provoca el desplazamiento continuo de corriente, desde el punto de vista de la energía, al producir el calentamiento del alambre que conduce la corriente eléctrica*. Además destacan que en este proceso de transformación de energía eléctrica en energía térmica, para salvar el principio de conservación de la energía hay que determinar a expensas de qué se produce la transformación de la misma.

El fenómeno de la transformación de la energía eléctrica en una resistencia óhmica necesita para su comprensión de otros conceptos, tales como: calor y energía. En relación con esto, Domínguez Castiñeiras (2000) indica que existe una predisposición a pensar en el calor como algo sustancial y considera que Levine (1995) arroja luz sobre la discusión ya que éste define el concepto de *calor como una transferencia de energía entre el sistema y el entorno debido a una diferencia de temperatura*.

Desde esta conceptualización se considera que el calor y el trabajo son formas de transferencia de energía, definiéndoselos en términos de procesos. Esto significa que antes y después del proceso de transferencia de energía entre el sistema y su entorno, el calor y el trabajo no existen.

Levine desarrolla un punto de vista mecanicista, y apoyándose en la teoría cinético molecular clarifica la comprensión del término *calor* al sostener que es una *transferencia de energía debida a la acción de fuerzas a nivel molecular*. Se

sostiene, entonces, que el calor es trabajo realizado desde el punto de vista molecular, constituyendo un proceso mediante el cual se puede variar la energía interna de un sistema.

Desde esta perspectiva se da significado a la expresión energía térmica como aquella que incluye los aspectos de la energía interna relacionada con la rotación, traslación y vibración de moléculas, frente al utilizado frecuentemente en la enseñanza como energía transferida entre sistemas en forma de calor (Erickson y Tiberghien, 1989).

La revisión científica de los conceptos que participan en la comprensión del fenómeno de la transformación de la energía en el fenómeno de calentamiento de una resistencia eléctrica, da elementos para encontrar en la teoría cinética molecular un respaldo a la hora de elaborar explicaciones y argumentos sobre el fenómeno mismo.

Advierten Einstein e Infeld (1986, pp. 40) que desde las ideas mecanicistas se tropieza con la dificultad de tener en cuenta la velocidad de las cargas y la imposibilidad de determinar el movimiento de un electrón a la manera de la mecánica clásica. Llamam la atención respecto a cómo pensando en el comportamiento individual de los electrones el razonamiento se estanca, pero si en cambio se razona sobre la base de la idea de una multitud compuesta por individuos que se comportan de un modo imposible de pronosticar, aunque no se pueda predecir el curso de un electrón, sí se podrá predecir el resultado neto del fenómeno.

Estos autores señalan que si en vez de pensar en un electrón, se piensa en una carga de valor respetable que contenga billones de electrones, por ejemplo hablando de corrientes en un alambre, es posible aplicar un punto de vista mecanicista, en particular la teoría cinética de la materia.

Domínguez Castiñeiras (2000, pp.141), considera que el tratamiento de las transformaciones de energía en las que interviene el calor debe ir acompañado de una enseñanza de la teoría cinético-molecular. Consecuentemente propone el aprendizaje y uso de lo que denomina modelo cinético de partículas con la intención de que sirva de fundamento para la elaboración de un razonamiento justificativo que permita interpretar los acontecimientos que se puedan plantear.

En la siguiente Figura 2.1, se muestra el esquema de razonamiento que propone Domínguez Castiñeiras y cols. (2001) sobre el modelo cinético de partículas.

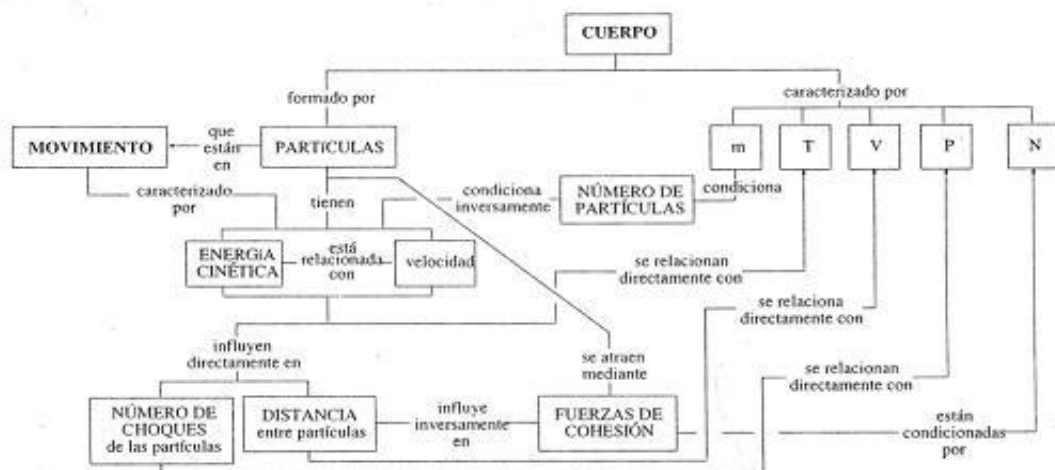


Figura 2.1: Esquema de razonamiento del modelo cinético de partículas (Domínguez Castiñeiras y cols., 2001)

Driver y cols. (1989) sugieren que la idea de que la materia está formada por partículas se introduzca en los primeros cursos de ciencias para explicar hechos como el cambio de volumen, los cambios de estado, etc. No así el tratamiento matemático (teoría cinética de los gases) que se debe hacer en los últimos cursos, a alumnos de más de 16 años. Advierten que las mayores dificultades del modelo corpuscular se centran en los conceptos de vacío y de movimiento. De esta misma idea participan Novick y Nussbaum (1981) o Meheut y Chomat (1990).

Domínguez y col. (1995) encontraron que los estudiantes incluyen la componente cinética cuando se trata de gases pero no lo hacen en caso de sólidos o líquidos. La literatura de investigación educativa citada por Domínguez (2000) pone de manifiesto que las ideas corpusculares son más frecuentes para gases que para sólidos. Esta situación del tratamiento de la componente cinética, en cierta manera resulta una advertencia para la aplicación del modelo cinético molecular en el estudio de fenómenos que ocurren en un sólido, como es el caso de un alambre por donde circula corriente eléctrica y mucho más si se tiene en cuenta la existencia de fuerzas eléctricas.

Existe la posibilidad de que esta cuestión pudiese ser superada si los alumnos consultan los libros de texto. Pero es preocupante que también la

investigación educativa (Álvarez, 1997) haya mostrado que aún en lo que respecta al modelo cinético molecular aplicado a los gases el referencial del saber científico no siempre se encuentra en los discursos de los libros de texto.

Conformada la muestra de libros de texto (Tabla 2.2., pp.61) recomendados por el profesorado para que el alumnado consulte sobre el fenómeno de transformación de energía eléctrica en una resistencia óhmica, se recoge la información mediante la estrategia de *vaciado de enunciados* aplicada a *contenidos conceptuales claves* (diferencia de potencial, intensidad de corriente, resistencia eléctrica, entre otros) y de *episodios del discurso* utilizado en el tratamiento del fenómeno recientemente citado. Estrategia probada en un estudio anterior sobre los textos de EGB3 (García de Cajén y Domínguez Castiñeiras, 2004).

Sobre los conceptos claves, la investigación educativa (Pozo y Gómez Crespo, 1998) brinda resultados útiles que constituyen un referencial del análisis del discurso escolar en el abordaje de dichos contenidos y en los episodios del tratamiento del fenómeno de calentamiento en una resistencia. Todo ello, no ajeno a los marcos de la historia y epistemología de la electricidad (Furió y Guisasola, 1997, 1998). El concepto de energía surge como central y sobre él se toman respaldos procedentes de la investigación educativa en distintos niveles de enseñanza (Pérez-Lanzabal y cols., 1995; Solbes y Tarín, 1998; Mellado, 1998; Pontes Pedradas, 2000; Bañas Sierra y cols., 2003; Pacca y col., 2004; Solbes y Tarín, 2004b).

2.2.3. Profesorado: Problema auténtico

Quienes investigan sobre argumentación (Eichenger y cols., 1991; Kelly y cols., 1997, 1998; Jiménez y cols., 1997; Álvarez y cols., 1997; Jiménez, 1998; Jiménez y Díaz de Bustamante, 2003) obtienen la información trabajando con pequeños grupos de alumnos y utilizan como instrumento de recogida un *problema* que denominan *auténtico* (Díaz de Bustamante, 1999; Reigosa Castro y cols., 2000; Eirexas y cols., 2005) logrando que los investigados *hablen* ciencia (Lemke, 1993) al razonar sobre él. Estos *problemas auténticos*, se caracterizan por:

1. Plantear una cuestión relevante (real o simulada) que implique la complejidad de lo real y que tenga relación con el contexto próximo de quien razona sobre él;
2. La resolución de la cuestión implica utilizar y analizar pruebas o datos, elaborar razones y tomar decisiones de manera similar a cómo se haría en un contexto científico (Duschl y Gitomer, 1996; Jiménez, 1998; Álvarez y cols., 1999).

Considerando que la elaboración de este tipo de problemas conlleva un cambio paradigmático en la forma de generar y proponer problemas en la ciencia escolar, se acude a la bibliografía para buscar indicadores que ayuden a generar un *problema auténtico*. Centrando la búsqueda sobre cuestiones de Física, se identifican algunos *problemas* que revisten carácter de *auténticos* en estrecha relación con el contexto de quienes los resuelven.

En la literatura de la investigación educativa se utilizan *problemas auténticos* (Tabla 2.5), los cuales tienen un diseño tal que en situación de clase captan el interés de los alumnos sobre cuestiones relativas al contexto de la región o de su vida cotidiana o de su cultura. En cambio, en la misma bibliografía, no se encuentran *problemas auténticos* orientados a investigar la argumentación de profesores. Lo cual implica, que si la intención es investigar la argumentación del profesorado de Física en formación inicial y permanente, se debe enfrentar el desafío de generar un *problema auténtico* inédito que sirva como herramienta de recogida de información.

Dado que se tiene el propósito de investigar las estrategias de argumentación del profesorado de Física que resuelve un determinado *problema auténtico* centrado en la transformación de energía eléctrica en una resistencia óhmica, se diseña el *problema auténtico* que permita poner de manifiesto los argumentos de los docentes al razonar sobre la solución al problema real planteado (Eichenger y cols., 1991). En Tabla 2.5 se presenta algunos problemas auténticos sobre cuestiones de Física, resultado de la búsqueda en la bibliografía de la investigación educativa.

Proyecto	Muestra	Cuestión	Problema
Universidad de Michigan. EE.UU.	Alumnos de 5º primaria	Modelo de partículas	Decidir en qué estado debe ser transportada el agua en un vuelo espacial (Eighinger y cols., 1991)
SEPIA Universidad de Pittsburgh. EE.UU.	Alumnos de 6º primaria	Flotación	Construir un modelo de barcaza que pueda transportar el máximo peso por el río sin hundirse (Duschl y Gitomer, 1996)
RODA Universidad Santiago de Compostela. ESPAÑA	Alumnos de Bachillerato	Flotación	Encontrar estrategia para reflotar un submarino hundido (Álvarez Pérez y cols., 1998)
	Alumnos de 2do. BUP. (adultos)	Ley de Hooke	Evaluar la posibilidad de que un explorador pueda medir la masa de pequeñas piedras con un resorte (Reigosa y cols., 2000)
AcAb Universidad Santiago de Compostela. ESPAÑA	Alumnos de 2do.ESO	Sombras	Justificar por qué un lugar iluminado por la luz solar, luego queda en sombras (Couce y cols., 1999)
	Alumnos de COU y futuros profesores de secundario	Flotación y Dinámica	Controversia periodística acerca de la generación de burbujas y su comportamiento en el seno de un líquido que se encuentra en caída libre (Álvarez y cols., 1999)
	Alumnos de 1º de ESO	Modelo cinético de partículas	Interpretar el incremento de temperatura de un sistema material (agua) que intercambia energía por calor con una fuente (mechero). Justificar la dilatación del cambio de estado del sistema (Domínguez, 2000)
Universidad de California. EE.UU.	High School	Electricidad	Construcción de circuitos a partir de la toma de decisiones respecto al contenido de <i>cajas misteriosas</i> que tienen distintos elementos eléctricos (Kelly y cols, 1998)

Tabla 2.5: Problemas auténticos sobre cuestiones de Física, utilizados en la investigación educativa de la argumentación en ciencias

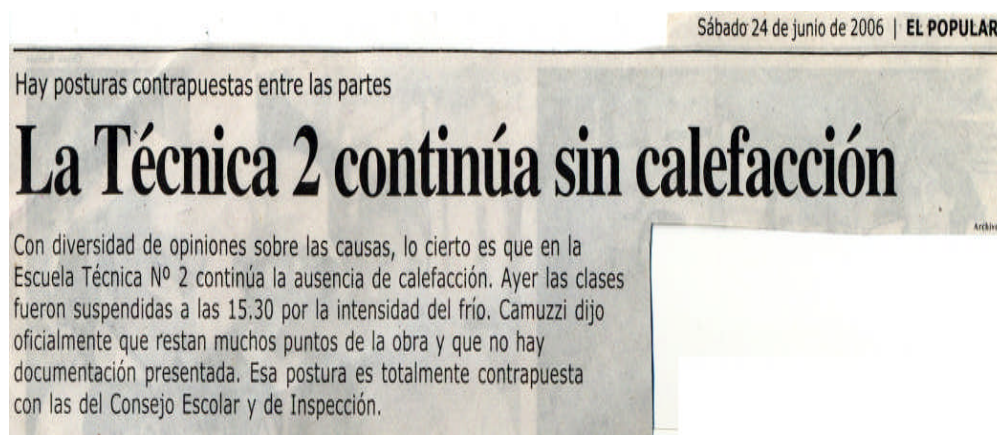
La información recogida en Tabla 2.5 pone de manifiesto la experiencia existente en la utilización de problemas auténticos sobre cuestiones de Física, en el marco de Proyectos de investigación educativa de la Universidad de Santiago de Compostela. Se nota variedad temática, más en ningún caso se plantea cuestiones de electricidad. Por otra parte, surge que el estudio del discurso utilizando problemas auténticos se aplica en todos los casos a alumnado, de primaria, ESO, BUP, COU o formación inicial de profesorado, pero en ningún caso a profesorado en ejercicio, en formación permanente.

El *problema auténtico* se diseña a partir de una de las salidas integradoras de la *Actividad Abierta (AcAb) Circuito*, del Proyecto *AcAb* (García-Rodeja y cols., 1994). Se asume que la herramienta de toma de datos debe presentarse como una actividad colaborativa, que brinde oportunidad de construir socialmente

significados y desarrollar una comprensión conceptual. En ella, se ha de tener en cuenta la motivación que dicha actividad puede suponer para profesorado en formación inicial y en ejercicio. Consecuentemente, se debe encontrar el equilibrio en la forma de redactar la tarea a realizar, de manera que se logre que el problema resulte motivador, pero cuidando de que no tenga demasiados distractores que resten atención al tema que interesa para su estudio.

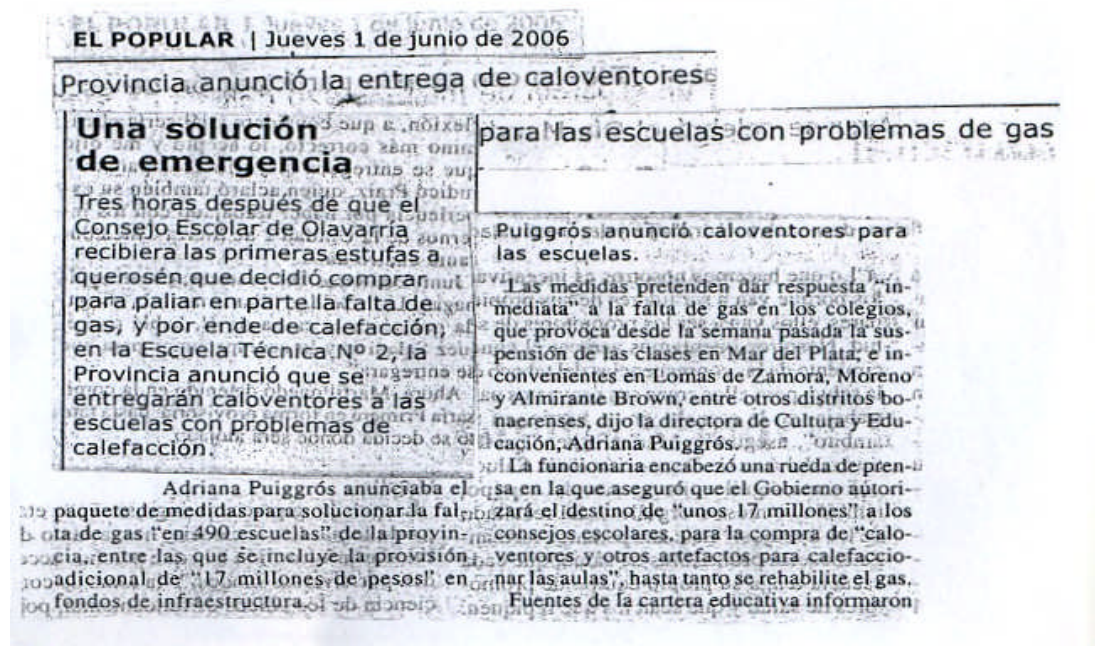
Diseñar un *problema auténtico* dirigido al profesorado de la Provincia de Buenos Aires, implica tener en cuenta la realidad de la práctica docente en contexto. Se elabora una problemática (García de Cajén y Domínguez Castiñeiras, 2001) que rescata la situación cotidiana de los profesores que, en muchos casos, deben colaborar con el confort escolar, como por ejemplo procurar que la escuela tenga sus espacios calefaccionados en invierno.

Esta cuestión que en otros contextos puede adquirir rasgos de inverosimilitud, en éste tiene un carácter absolutamente real. La conocida crisis socio-económica argentina del 2001, impactó y puso en situación de emergencia a los servicios, a la producción, a las instituciones y a los ciudadanos. En proceso de superación, aún se repite la problemática de falta de calefacción en escuelas (Cuadro 2.2), generalmente por cuestión de falta de equipamiento o mantenimiento del sistema de calefacción a gas. En 2006, la problemática abarca 490 escuelas de la Provincia de Buenos Aires, entre ellas algunas de la ciudad y la región donde se lleva a cabo esta investigación. En el 2007, la situación volvió a repetirse en 370 escuelas de la misma jurisdicción.



Cuadro 2.2: Problema de calefacción en centros escolares
(El Popular, 2006b)

A veces, debida a la urgencia (Cuadro 2.3), el paliativo es la calefacción de sistema eléctrico. ***Una solución de emergencia...la Provincia anunció que se entregarán caloventores a las escuelas con problemas de calefacción*** (El Popular, 2006c).



Cuadro 2.3: Estufas eléctricas ante la emergencia de calefacción escolar (El Popular, 2006c)

Solución de emergencia, que con frecuencia viene acompañada con cortes eléctricos en la escuela, debido a que las instalaciones eléctricas no están preparadas para soportar la potencia eléctrica que se agrega con cada caleventor que es de aproximadamente 2000 W. En consecuencia se suma el problema que saltan las térmicas o disyuntores, además del riesgo de incendio en las escuelas por la sobrecarga eléctrica. La enseñanza de las ciencias tendría que haber alfabetizado científicamente a aquellos alumnos, hoy funcionarios, para que sus decisiones fueran tomadas desde el conocimiento y la previsión.

La cuestión energética, en el contexto de investigación, es una problemática que se aborda desde resoluciones de urgencia. En otros contextos, el planteamiento se hace desde la optimización energética de la calefacción de edificios educativos de la misma Universidad de Santiago de Compostela, idea que ha sido recogida como problemática de investigación didáctica por Eirexas y cols. (2005).

En el marco de la situación real de las escuelas del contexto de investigación en Provincia de Buenos Aires, se presenta el texto del *problema auténtico* (Cuadro 2.4), especialmente diseñado para la presente investigación.

Imagínate que es necesario calefaccionar la sala de profesores de la escuela en que tu ejerces como profesor de Física. Dado que en la sala solamente existe posibilidad de obtener conexión de tipo eléctrica, los profesores decidieron comprar una estufa eléctrica.

Considerando tu formación disciplinar, te han dado la tarea de ir a comprarla, puesto que confían que eres la persona mas adecuada para elegir la estufa que logre calefaccionar mejor la sala.

Una vez en el comercio, te ofrecen dos estufas que se pueden enchufar a la red eléctrica de la escuela. Las resistencias de ambas estufas son del mismo material, tienen igual sección, pero una tiene mayor longitud que la otra.

Debes decidir cuál comprar y dar todas las razones en las que basas tu elección.

Piensa que cuando vuelvas a la escuela deberás convencer a tus compañeros de que la estufa que compraste calefacciona más que la otra.

Cuadro 2.4: Problema auténtico. Instrumento de toma de datos de la investigación de la argumentación de profesorado sobre cuestión de la transformación de la energía eléctrica en una resistencia óhmica.

El problema auténtico planteado (Cuadro 2.4) se utiliza para la recogida de información del profesorado en formación inicial y en ejercicio, de la muestra objeto de investigación. Previamente se validó el problema, en su calidad de instrumento de toma de datos.

En el caso del profesorado en ejercicio, en contexto de formación permanente, la investigación de la construcción del conocimiento y argumentaciones en la resolución de un problema auténtico, requiere del *diseño de un ambiente* de aprendizaje que posibilite la práctica contextualizada (Brown, 1992) de los procesos de razonamiento, a través del *lenguaje* mediado socialmente (Vygotski, 1986).

De la búsqueda bibliográfica no surge información sobre diseño en el contexto de capacitación docente. Surge la necesidad de una planificación estratégica de la organización, recursos, actividades, administración del tiempo y espacio, agrupamientos, que contribuyan al logro de un buen ambiente de aula de capacitación del profesorado, con características de heterogeneidad respecto a su formación y edad, entre otras. El diseño del ambiente es indispensable, dada la

oportunidad circunstancial, irrepetible, compleja e incierta, sobre la continuidad de las acciones del Programa. Situación distinta a contar con alumnado conocido, en otro nivel de formación, con otra edad y pertenencia a un mismo grupo de clase.

La estrategia de recogida de información fue aplicada como prueba piloto en las acciones de capacitación desarrolladas en la sede de Olavarría. La experiencia aportó conocimiento útil para optimizar el diseño del ambiente de investigación y cuidado del clima de aula de capacitación.

Se ha puesto de manifiesto que, en la instancia individual, cuando cada profesor resuelve particularmente el problema, adoptan una actitud más natural cuando la que registra la información es la asistente, en vez de la docente-investigadora. En la instancia grupal, cuando los profesores resulten el problema en grupo, la presentación de la argumentación ante la misma persona que registró el discurso individual aparenta una repetición “*como ya te expliqué...*”, mientras que la situación de un grupo pequeño de profesorado de Física presentando argumentaciones ante un grupo grande de colegas “no especialistas”, se asemeja a una clase grupal escolarizada, con poca interacción y casi nula discusión. El tiempo de cuatro horas resulta escaso si no se aplican acciones de recogida de información desde el inicio del encuentro, entre otros aspectos a tener en cuenta. Surgen entonces, puntos sustantivos del diseño de la situación en contexto.

De organización y recursos: 1) indispensable contar con colaboración de una asistente para la recogida de información; 2) implementar una planilla que aporte información personal del profesorado y su formación (Anexo II, pp.541); 3) implementar situaciones didácticas que activen el discurso facilitando un ambiente donde se habla, en el que se produzca la meta-reflexión sobre el discurso del profesorado y la implicación en la resolución de un problema real; 4) Plantear la actividad en pequeño grupo para todos los asistentes, uno de esos grupos se constituye con el profesorado de la muestra objeto de investigación, determinada *in situ* con profesorado de Física asistente; 5) registro en audio en la instancia en la que el profesorado de la muestra resuelve individualmente el problema auténtico; 6) registro en audio y video de dos grupos, para otorgar naturalidad a la tarea, mientras resuelven colaborativamente el problema real, uno de los grupos corresponde a la muestra objeto de investigación.

De actividades: 1) se parte que los contenidos prescritos de la capacitación deben cumplirse; 2) el enfoque didáctico del tratamiento de los contenidos debe crear una situación cognitiva y un entorno de trabajo propicio para la aplicación de la herramienta de recogida de información del discurso de profesorado en la resolución de problemáticas reales, con toma de decisión; 3) la capacitación en Física propone la activación del discurso y argumentación sobre una problemática de otro campo de la Física, en el caso de la Mecánica; 4) la capacitación en la Práctica de Física propone la meta-reflexión sobre la propia práctica docente e involucra al grupo en la resolución del problema auténtico especialmente diseñado.

De espacio: 1) prever una aula espaciosa para desarrollo de la capacitación y el registro de la información grupal; 2) prever una aula pequeña para el registro de la información individual.

De administración de tiempo: 1) inicio, registro rápido de los datos personales del profesorado asistente; 2) tres horas, para el desarrollo de la capacitación sobre contenidos de Física. Intercalado con actividades de Física que valoran el discurso, la asistente procede a registrar el discurso individual del profesorado de la muestra; 3) una hora, para el desarrollo de capacitación de contenidos de la Práctica, incluye la actividad de resolución grupal del problema auténtico, como situación de discusión y toma de decisión *científicamente argumentada* que luego explicitan ante otra persona del ambiente de capacitación, pero ajena al grupo.

2.3. Estrategia de análisis de la información. Instrumentos

2.3.1. Referencial para el análisis del currículo oficial

En un estudio interpretativo como el presente, es necesario determinar un criterio que permita evaluar determinados contenidos procedimentales del currículo investigado, como son las estrategias de razonamiento y argumentación. Por lo cual se construye un referencial, por el que se establece qué se entiende por estrategias de razonamiento -conceptualizado como razonamiento inferencial- y estrategias de argumentación -conceptualizada como argumentación *dialógica*-, el cual (Tabla 2.6) cumple una función orientadora en el proceso de análisis y categorización de los contenidos procedimentales.

No se encuentra en la literatura científica una clasificación que oriente a identificar las estrategias de razonamiento o argumentación, pero sí es posible, a partir de dicha literatura, hacer explícito el criterio (Tabla 2.6) que permite clasificar determinados procedimientos del currículo oficial en categorías de razonamiento y argumentación. La elección de las categorías *razonamiento inductivo*, *razonamiento deductivo* y *argumentación* se realiza considerando que durante mucho tiempo la concepción predominante sobre el saber científico estuvo asociado a la realización de *inferencias inductivas y deductivas*, mientras que la concepción actual lo considera como un *saber argumentado* y construido colectivamente (Vergnaud, 1997; Driver y Newton, 2000; Jiménez y Díaz de Bustamante, 2003).

Estrategias	Destrezas de razonamiento y argumentación	CD*
Razonamiento Inductivo MCE (1997c)	.Análisis de casos particulares de fenómenos naturales	I1
	.Análisis y control de variables	I2
	.Comparar y establecer relaciones	I3
	.Buscar regularidades	I4
	.Anticipar resultados	I5
	.Formular generalizaciones	I6
	.Elaborar conjeturas.	I7
	.Formular hipótesis	I8
Razonamiento Deductivo MCE (1997c)	.Comprobar hipótesis en casos particulares	D1
	.Predicción de fenómenos o resultados a partir de modelos	D2
Argumentación Duschl, (1997); Kuhn, (1993); Pontecorvo y Girardet, (1993); Jorba y Sanmartí, (1996); Sanmartí, (1997); Jiménez (1998); Driver y Newton, (2000); Sardá y Sanmartí, (2000); Izquierdo, (2000); Jiménez Aleixandre y cols., (1997,1998, 2003)	.Identificar pruebas y datos	A1
	.Diferenciar hechos y explicaciones teóricas	A2
	.Comparar modelos teóricos y situación física real	A3
	.Identificar razones	A4
	.Elaborar razones	A5
	.Elaborar explicaciones	A6
	.Formular conclusiones	A7
	.Evaluar una hipótesis o enunciado	A8
	.Justificar respuestas	A9
	.Analizar críticamente	A10
	.Realizar crítica.	A11
	.Elaborar, modificar y justificar hipótesis o explicaciones de fenómenos naturales	A12
	.Dar argumentos y contra-argumentos	A13
	.Evaluar consistencia y cohesión de la argumentación	A14
	.Usar lenguaje de la ciencia	A15
	.Resolver un conflicto mediante negociación social	A16
	.Evaluar alternativas	A17
	.Reflexionar acerca de la evidencia	A18
	.Evaluar la viabilidad de conclusiones científicas	A19
	.Búsqueda de coherencia y globalidad	A20
* CD : Código de destreza (Letra : I:Inductivo, D:Deductivo, A:Argumentación ; Número : identifica posición en la lista, no implica ningún criterio de secuencia u orden		

Tabla 2.6: Marco Referencial: estrategias y destrezas de razonamiento y argumentación en la ciencia escolar

Que se presenten tres categorías de estrategias no implica que se las conciba como clases excluyentes. Por el contrario, se considera que la argumentación, en su carácter de estrategia cognitivo-lingüística (Jorba y Sanmartí, 1996), es una estrategia compleja que requiere de recursos cognitivos, por ejemplo destrezas de razonamiento inferencial, que faciliten la reflexión y el meta conocimiento (Pozo, 1994, 1995, 1996, 1998). La investigación educativa pone énfasis en que los recursos meta cognitivos (Minick Santa, 1994) deberían ser aprendidos estratégicamente y valora su aprendizaje como una experiencia educativa en sí misma (Head, 1985; Claxton, 1991; Campanario y Otero, 2000).

El marco referencial que se muestra en Tabla 2.6, se construye consultando, en primer lugar, los documentos del currículo oficial de la muestra investigada (Tabla 2.1), pero dado que éstos no explicitan qué se entiende por razonamiento o argumentación se amplió la consulta a otros documentos oficiales (DGCE, 1998d; MCE, 1997c) encontrando información sobre *razonamiento inductivo y deductivo*. Ya que ninguno de los documentos anteriores indica qué se entiende por argumentación en ciencias, se consulta la literatura de la investigación educativa en ciencias (Duschl, 1997; Kuhn, 1993; Pontecorvo y Girardet, 1993; Jorba y Sanmartí, 1996; Jiménez y cols., 1997, 1998, 2003; Driver y Newton, 2000; Sanmartí, 1997; Jiménez, 1998; Sardá y Sanmartí, 2000; Izquierdo, 2000) y, a partir de la misma, se construye la categoría de estrategias de *argumentación*.

En el marco referencial se identifica cada destreza con un código (CD), indicando con las letras (I, D, A) la categoría (Inductivo, Deductivo, Argumentativo) y con un número que indica la posición que ocupa en la lista, sin implicar esto ningún tipo de secuenciación, al sólo efecto de identificarlos durante el proceso de análisis de los procedimientos del currículo oficial.

Los enunciados de las destrezas encontradas en la literatura consultada se transcriben en el marco referencial (Tabla 2.6). En algunas categorías se enuncian destrezas posibles de interpretar que tienen igual significado, por lo cual el lector podría suponer que se repiten, cuando desde el marco teórico de esta investigación se consideran conveniente distinguirlas entre sí. Por ejemplo *formular hipótesis* (I8) y *elaborar hipótesis* (A12). Sin intención de entrar en definiciones, se busca el respaldo sobre sus significados. Según Minick Santa y

col. (1994), la *elaboración* como tarea académica supone la búsqueda en la memoria de conocimiento declarativo y procedimientos relevantes, para posteriormente realizar la formulación de un plan para realizar la tarea, en este caso la hipótesis. Si ésta se elabora como parte de un proceso de elección entre hipótesis que compiten (Giere, 1994), es posible considerar la destreza *elaborar hipótesis* en la categoría de argumentación. En cambio la literatura que cita la destreza *formular hipótesis*, lo hace desde un enfoque proposicional del razonamiento.

También ocurre, que en una misma categoría se enuncian destrezas que no son excluyentes entre sí como por ejemplo las destrezas *elaborar razones* (A5) y *elaborar explicaciones* (A6). Al respecto, Sardá y Sanmartí (2000) relacionan la capacidad de seleccionar evidencias significativas en los modelos de las ciencias con la destreza de *elaborar razones*. Sanmartí (1997), quien entiende que la explicación científica tiene como objetivo la comprensión, sostiene que en una clase de ciencias un texto es una buena explicación si las razones utilizadas para hacer comprensible un fenómeno tiene valor desde la ciencia de referencia. Señala Izquierdo (2000) que *elaborar explicaciones* implica utilizar el patrón temático sobre el género textual explicativo, lo que se relaciona con la utilización de determinadas habilidades cognitivo-lingüísticas.

Se asume que la existencia de un contexto de discusión o controversia entre alumnado o entre alumnado y profesorado de ciencias es determinante para que surja la argumentación. Se considera necesario crear *ambientes de aprendizaje* que demanden al alumnado la resolución de *problemas auténticos* (Jiménez, 1998; Kelly y cols., 1998). La destreza del planteamiento mismo de una problemática, representa un aspecto fundamental del razonamiento científico que valdría encontrarse en el referencial, pero las destrezas encontradas en la literatura consultada parecen partir de un problema ya planteado. Queda abierto el interrogante respecto a ¿qué vinculación establece la literatura entre las estrategias de razonamiento y argumentación y el planteamiento de problemas en ciencias?.

Se observa en el referencial elaborado, mayor cantidad de enunciados de destrezas de argumentación que de razonamiento inductivo y mucho más comparado con el deductivo. Quizás, se deba a la diferente conceptualización de

la argumentación en la investigación educativa. O quizás, refleje la complejidad que implica la argumentación en ciencias.

El proceso de recogida de información de los documentos oficiales da como resultado listados de contenidos procedimentales (Anexo I, pp.532) que pueden o no explicitar las destrezas de razonamiento y argumentación indicadas en el referencial (Tabla 2.6). Resulta necesario diseñar una forma de confrontar los contenidos procedimentales del currículo oficial con los del marco referencial de estrategias de razonamiento y argumentación elaborado, para luego tomar la decisión sobre su correspondencia o no con las categorías indicadas.

Resultado de la estrategia de vaciado de los contenidos procedimentales del currículo oficial, representada en Esquema 2.1 (pp.70), se identifica a qué categoría procedimental corresponde cada uno de los contenidos del Área y de las disciplinas. Sobre aquellos que pertenecen a aquella categoría que la literatura de la investigación didáctica relaciona con procedimientos de razonamiento serán motivo de análisis a la luz del marco referencial. La relación de los procedimientos de dicha categoría con los procedimientos de la comunicación, permitirá identificar las estrategias de argumentación en el currículo oficial. La clave radica en contar con criterio fundamentado que permita identificar dicha categoría.

En relación con la necesidad de identificar dicha categoría, se encuentra que la literatura (Pro, 1998) aporta formas de clasificar los contenidos procedimentales. En la organización curricular de *procedimientos* propuesta por Pozo y col. (1995) se incluyen las estrategias de razonamiento en la categoría de *Análisis de la información y realización de inferencias*.

En algunos currículos se consideran la *interpretación* y el *análisis* como dos categorías distintas (Pozo y col., 1995; Pro, 1998). En cambio Sevilla (1994) señala que la interpretación requiere del proceso de análisis, criterio que coincide con la categorización del currículo oficial investigado ya que encontramos los procedimientos de análisis, la formulación de predicciones y la realización de inferencias, incluidos en la categoría *Interpretación de la Información de los procedimientos de investigación escolar del Área*. Se toma la decisión de buscar en esta categoría las estrategias de razonamiento mientras que, para determinar

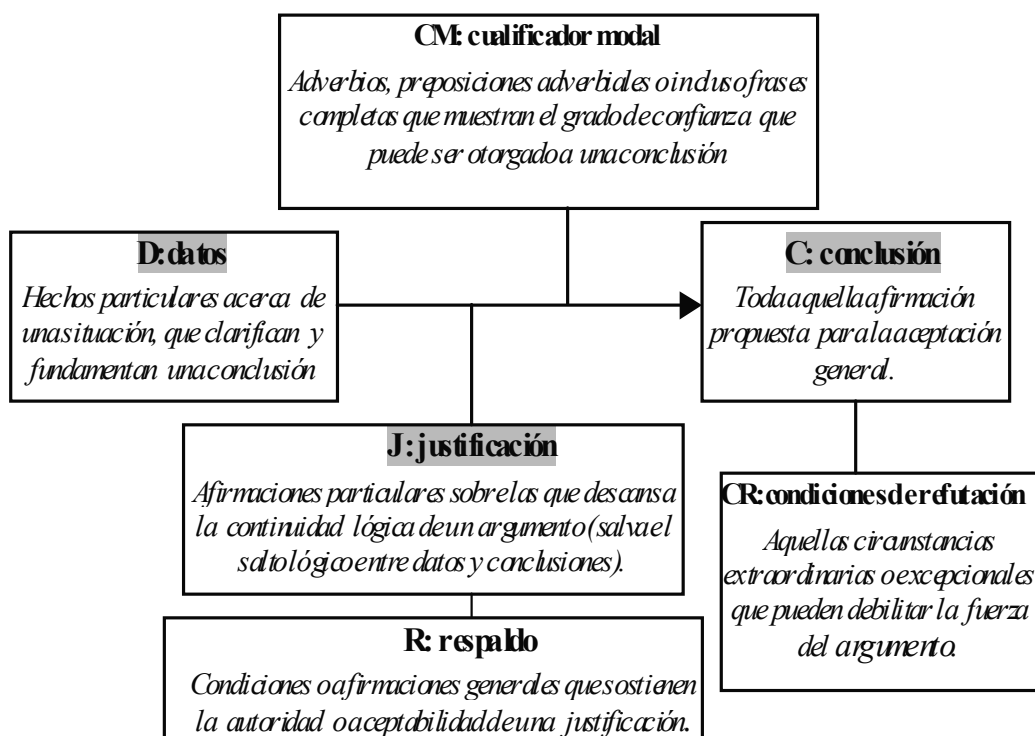
las de argumentación, se relaciona los procedimientos de la dicha categoría con los de la categoría de *Comunicación*.

La estrategia de análisis de procedimientos del Área y de las disciplinas que la conforman, consiste en tomar aquellos que pertenecen a la categoría *Interpretación de la información*, confrontarlos con las destrezas enunciadas en el marco referencial de estrategias de razonamiento y argumentación (Tabla 2.6). Luego, la postura respecto a la *Comunicación* asumida por el marco legal, es fundamental para formar criterio respecto si los procedimientos de la categoría de *Interpretación de la información* implican la activación de destrezas de argumentación, según el marco referencial.

2.3.2. Referencial para el análisis del discurso de los libros de texto y del profesorado

Investigar sobre argumentación no sólo implica utilizar un tipo especial de herramientas de toma de datos, como son los *problemas auténticos*, sino también un tipo especial de herramientas de análisis. En este apartado se presenta el Patrón argumentativo de Toulmin y luego se expresa el referencial del investigador utilizando el citado patrón como herramienta.

Si se considera el *problema auténtico* a resolver como una tarea de razonamiento en la que se elaboran argumentos, es posible utilizar para su análisis el patrón argumentativo de Toulmin (1995). Este autor sugiere que las argumentaciones en las comunidades científicas contienen ciertos elementos predecibles que se relacionan de forma también predecible (Eichinger y cols., 1991). El patrón de argumentación de Toulmin (TAP: Toulmin's Argument Pattern) es un instrumento que divide los componentes de un argumento en seis categorías (datos, justificaciones, conclusiones, respaldos, cualificadores modales, condiciones de refutación) posibles de definir (Alvarez y cols., 1998) y de relacionar (Couce y cols., 1999; Jiménez Aleixandre y cols., 2000, 2003) en esquemas de argumentación. En el Esquema 2.2 se relaciona y define cada uno de estos 6 elementos. En la investigación de la enseñanza de las ciencias, cada vez más se reconocen las aportaciones de Toulmin (Chamizo Guerrero, 2007).



Esquema 2.2: Elementos, definiciones y relaciones del patrón argumentativo de Toulmin (TAP)

Toulmin (1995) indica que para que exista un argumento es necesaria la presencia de las tres categorías (**D**atos, **J**ustificación y **C**onclusión) que se destacan en el Esquema 2.2, mientras que la existencia de los otros elementos (**R**espaldo, **C**ondiciones de **R**efutación y **C**ualificadores **M**odales) en un mismo argumento, tiene que ver con la riqueza y la complejidad de la argumentación. Estas seis categorías del esquema de Toulmin han dado lugar a subcategorías (Jiménez, 1998; Alvarez, 1998; Pontecorvo y Girardet, 1993). En el presente trabajo de investigación, donde se pretende identificar el perfil argumentativo de profesores y libros de texto sobre el fenómeno investigado, aquellas tres categorías (**D**, **J** y **C**) necesarias según Toulmin serán las determinantes. Sin detenerse en el análisis de los elementos CR y CM ni en subcategorías derivadas. Aunque Toulmin no incluye los respaldos (**R**) como elemento necesario para la existencia de un argumento, en el caso que aparezcan, se los tendrá en cuenta.

Como se había indicado, una de las dificultades en la investigación del conocimiento por medio de estudios interpretativos, es evitar posibles sesgos de la investigación en la interpretación de cómo se considera que es el conocimiento de los investigados (Kesidou y Duit, 1993). Para obviar dicha dificultad se realiza

el análisis del *problema auténtico* (Cuadro 2.3) a partir de la ciencia académicamente aceptada en la formación de profesorado (Halliday y col., 1998). Luego, sobre bases establecidas por Toulmin (1995), se elabora un esquema de argumentación (Esquema 2.3) representativo del conocimiento de la investigadora sobre el fenómeno en estudio. La lejanía de este referencial basado en las leyes de la electricidad respecto al discurso del profesorado, motivó la elaboración de un segundo esquema (Esquema 2.4) basado en modelo analógico cinético molecular.

En primer lugar se identifican en el texto del problema los datos (Cuadro 2.5) aportados, explícita o implícitamente, que se transcriben a continuación.

Partes del texto del problema	Datos
- te ofrecen dos estufas	- 2 estufas
- que se pueden enchufar a la red eléctrica de la escuela	- la diferencia de potencial es la misma ($V=\text{cte}$)
- las resistencias de ambas estufas son del mismo material	- igual resistividad ($\rho=\text{cte}$)
- tienen igual sección	- igual sección ($s=\text{cte}$)
- pero una tiene mayor longitud que la otra	- diferente longitud ($L_1 < L_2$)

Cuadro 2.5: Datos del problema auténtico

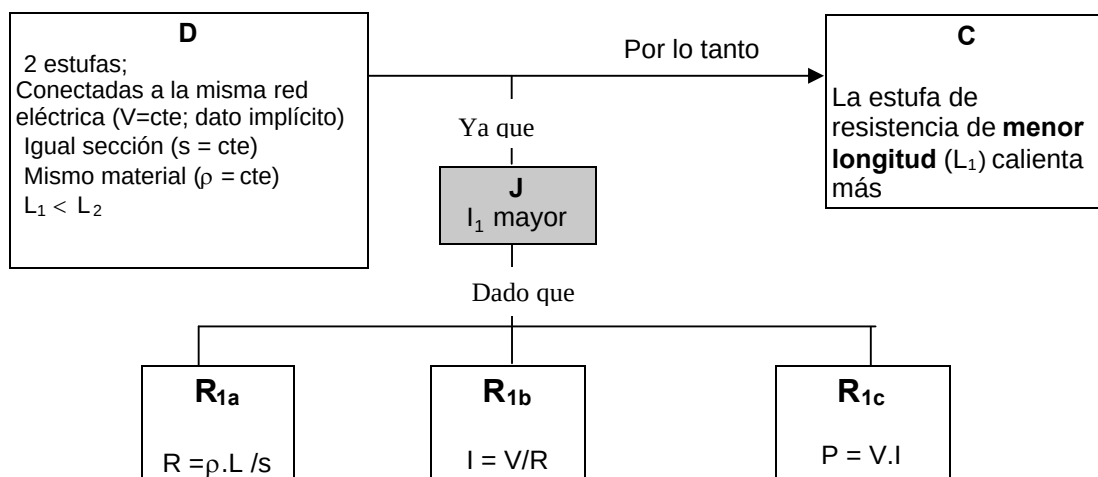
Del conjunto de datos aportados por el texto se infiere que se trata de dos estufas que se conectan a la red, igual diferencia de potencial ($V_1=V_2=\text{cte.}$), y que sus resistencias son distintas ($R_1 \neq R_2$).

La conclusión, elección de la estufa que calefaccione mejor la sala, deberá ser la estufa de resistencia de menor longitud (L_1), ya que por ella circula mayor intensidad de corriente ($I_1 > I_2$), puesto que:

- La estufa que calefacciona más es aquella por donde circula mayor I , dado que su potencia eléctrica es mayor ($P=V.I$), V es igual.
- La intensidad de corriente I es mayor en aquel circuito donde la resistencia es menor, ley de Ohm ($I=V/R$).
- Como ambas resistencias son del mismo material e igual sección, y dado que la resistencia depende de la resistividad (ρ) característica del material y de sus dimensiones geométricas ($R=\rho L/s$), la resistencia menor es aquella cuya longitud es menor.

Se elabora así, un esquema argumentativo (Esquema 2.3) cuya conclusión es que se debe comprar la estufa cuya resistencia es la de menor longitud (L_1).

Se destaca que la conclusión se justifica a partir de que I es distinta en cada circuito ($I_1 \neq I_2$), en nuestro caso $I_1 > I_2$, utilizando los respaldos que aparecen en el esquema.

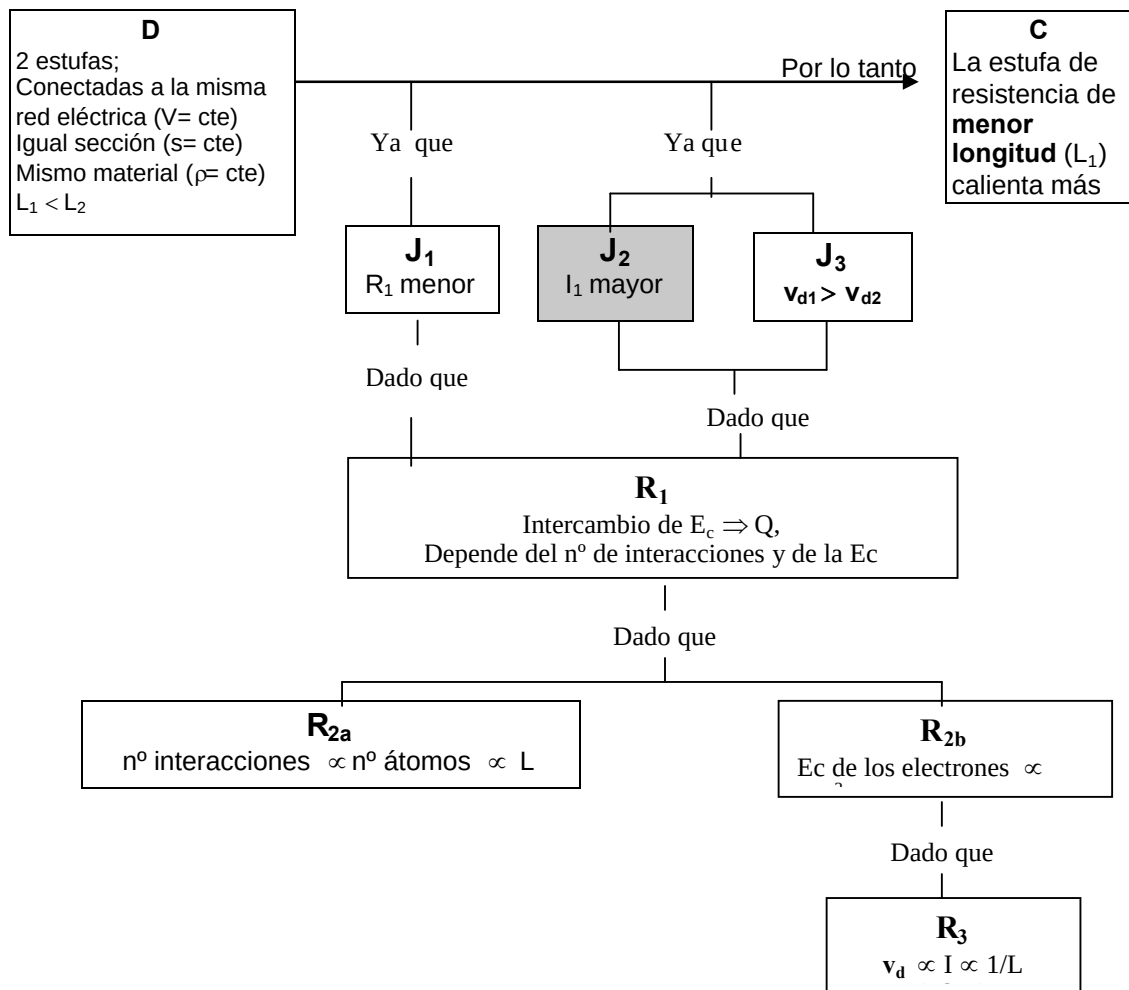


Esquema 2.3: Referencial elaborado a partir de las leyes de la electricidad, para el análisis del argumento del discurso sobre qué estufa calienta más

Sin embargo es posible que el discurso registrado pudiera no operativizar las leyes de electricidad y en cambio utilizara un modelo analógico basado en la teoría cinético molecular.

En consecuencia, se considera necesario elaborar un nuevo esquema (Esquema 2.4) que tenga en cuenta dicho modelo analógico, de modo que sea más cercano al discurso de la muestra y facilite la obtención de información útil, para el análisis de la argumentación de los profesores en formación. Obviamente, ambos esquemas (Esquemas 2.3 y 2.4) tienen los mismos datos y la misma conclusión.

Razonar el problema utilizando el modelo analógico (Esquema 2.4), si bien sigue necesitando de la ley de Ohm como respaldo (R_3), implica otros conocimientos y la construcción de una nueva argumentación.



Esquema 2.4: Referencial basado en un modelo analógico, para el análisis de la argumentación de libros de texto y profesorado

La ciencia escolar (Halliday y col., 1998) indica que $I = n \cdot s \cdot e \cdot v_d$, siendo n el número de electrones de conducción por unidad de volumen de un determinado conductor, s la sección del conductor, e la carga del electrón y v_d la velocidad de arrastre de los electrones, velocidad ésta muy pequeña. Dado que las resistencias difieren solamente en longitud, n y s son iguales en ambos casos, y e es constante, se encuentra que I mayor (**J₂**) se relaciona con v_d mayor (**J₃**).

En síntesis, que I_1 sea diferente a I_2 se relaciona con el hecho que v_d y la energía cinética (E_c) de los electrones son diferentes en las dos resistencias del problema en estudio. Sin olvidar que v_d es constante en cada resistencia.

La liberación de energía térmica es el resultado de la interacción entre los electrones y los restos atómicos: mediante *choques* o *colisiones* (Halliday y col., 1998) o mediante *choques* o *roces* según la muestra investigada.

Una mayor interacción se corresponde con un aumento de la energía de vibración de los restos atómicos y, consecuentemente, se producirá una mayor elevación de la temperatura de la resistencia. Es importante señalar que las interacciones (R_1) de los electrones con los restos atómicos dependen:

- Del número de restos atómicos. Esto implica una relación directamente proporcional a la longitud del conductor (R_{2a}).
- De la energía cinética de los electrones ($E_c = 1/2 \cdot m_e \cdot v_d^2$). Dado que v_d es directamente proporcional a I y ésta es inversamente proporcional a L (R_3), la energía cinética es inversamente proporcional al cuadrado de la longitud (R_{2b}).

La dificultad del razonamiento estriba en integrar las dos formas en que aparece la L en los respaldos: R_{2a} , R_{2b} .

La conclusión (Esquema 2.3) es: *la estufa de resistencia de menor longitud calienta más*, ya que le corresponde una mayor v_d (mayor I) y, consecuentemente, un mayor intercambio de energía, dada la mayor energía cinética de los electrones que es inversamente proporcional a L^2 , si bien es menor el número de interacciones que es directamente proporcional a L .

La forma de integrar estas relaciones en un mismo argumento posiblemente dependerá del modelo de conductor que sostiene quien resuelve el problema.

El análisis del discurso aportará también información sobre las operaciones epistémicas y la aproximación comunicativa que realiza el profesorado.

2.3.3. Referencial para el análisis de relaciones entre perfiles argumentativos del profesorado, de libros de texto y el currículo oficial

Finalmente, una vez que se obtengan conclusiones sobre el perfil argumentativo del currículo oficial, de los libros de texto y del profesorado en formación inicial y en ejercicio, se analiza la existencia o no de relaciones entre dichos perfiles. Para ello se aprovecha la potencialidad de las herramientas de análisis como son los TAP surgidos del estudio de episodios del discurso, los

referenciales de estrategias de razonamiento y argumentación, y los TAP referenciales de la resolución del problema auténtico.

Para el análisis de la existencia de relaciones, se conjuga la información de los instrumentos aplicados en la investigación, con nuevos instrumentos que aporta la investigación educativa. El instrumento que propone Eirexas y cols. (2005) sugiere el establecimiento, en la presente investigación, de criterios de evaluación y relación entre la validez científica de los enfoques utilizados en la argumentación y la consistencia en la toma de decisión sobre el problema auténtico, por parte del profesorado, y sobre el fenómeno central del problema, por parte de los libros de texto. Mientras que el instrumento de Scott y Mortimer (2002) facilita establecer los criterios de aproximación comunicativa del discurso de profesorado y libros de texto, en las dimensiones de interacción y tipo de discurso.

Tomando como base estos instrumentos de análisis, se compone un nuevo instrumento que permite visualizar la *posición aproximada del perfil argumentativo del profesorado o de los libros de textos*. La siguiente Figura 2.2, es una representación del instrumento elaborado, aplicado al análisis de la relación entre perfil argumentativo de un participante de la muestra de profesorado, que se caracteriza por utilizar enfoques argumentativos de baja validez científica, con bajo nivel de consistencia en su toma de decisiones, que practica un discurso autoritario y con escasa interacción con sus pares, comparado con el perfil deseable según el currículo oficial. Como se observa es muy lejano el perfil analizado respecto al propuesto por el currículo.

Este instrumento combina cuatro dimensiones: validez científica, consistencia en la toma de decisión, tipo de discurso e interacción, cada una con sus correspondientes criterios. La manera de aplicación se describe sobre la práctica en el Capítulo 6.

Los resultados obtenidos de la aplicación del instrumento diseñado, permiten evaluar la relación que existe entre la posición del perfil argumentativo del profesorado y los libros de texto con la posición deseable según el currículo oficial.

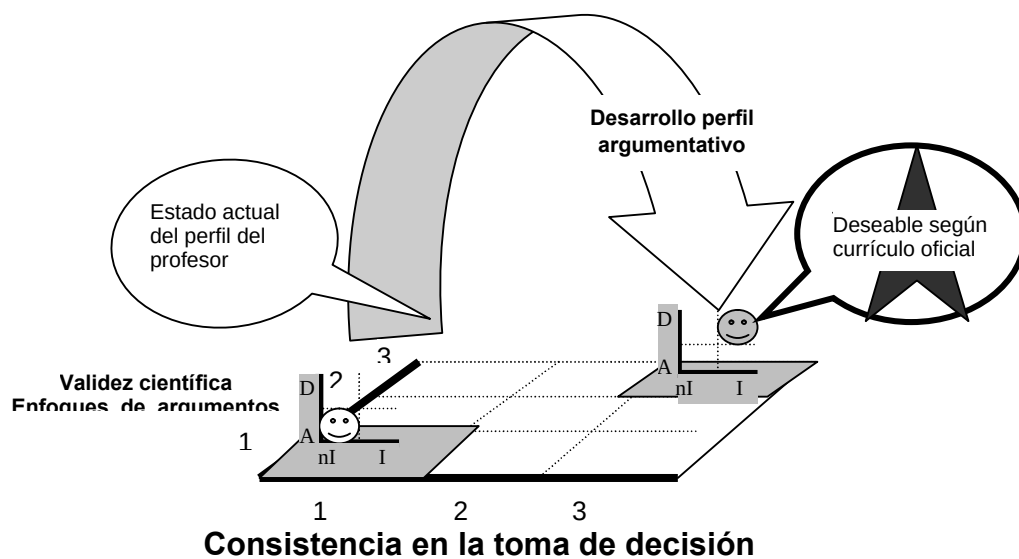


Figura 2.2: Visualización del instrumento elaborado para el análisis de relación entre perfiles argumentativos.

En los capítulos 3, 4, 5 y 6 se aplicarán las estrategias y los instrumentos de análisis descritos en estos últimos apartados, de allí surgen los resultados que, de su discusión, permiten contrastar las HT1, HT2, HT3 y HT4 respectivamente.

CAPÍTULO 3

CONTRASTE DE LA HIPÓTESIS DE TRABAJO 1: PERFIL ARGUMENTATIVO EN EL CURRÍCULO OFICIAL

En el presente Capítulo se realiza el proceso de investigación para contrastar la Hipótesis de Trabajo 1, expresada en el Capítulo 1 en los siguientes términos:

El currículo oficial emanado de la Reforma señala que el alumnado debe aprender estrategias de argumentación para la resolución de problemas reales planteados como pequeñas investigaciones.

A fin de alcanzar el cometido se ha procedido a distinguir los siguientes apartados de análisis:

3.1. Análisis de los resultados a la luz del marco referencial sobre estrategias de razonamiento y argumentación.

3.2. Se elaboran las conclusiones respecto a la HT1 en relación con los perfiles argumentativos del Currículo Oficial.

3.3. Se contrasta la Hipótesis 1.

Se recuerda que constituyen la muestra investigada (Cap. 2, Tabla 2.1, pp.61), los contenidos procedimentales presentes en los Documentos Oficiales (DO) del Ministerio de Cultura y Educación de la Nación (MCE) y de la Dirección General de Cultura y Educación de la Provincia de Buenos Aires (DGCE) que, en el marco de la Reforma educativa, obran en bibliotecas de centros escolares del contexto de investigación. A la vez que documentos que corresponden a niveles

educativos vigentes (EGB, Polimodal) y Formación de Profesores de Ciencias de ambos niveles. Como también ante la implementación gradual de nuevos cambios educativos en la Provincia de Buenos Aires, se incorpora un documento curricular, correspondiente al primer curso de la nueva Educación Secundaria.

Estos materiales constituyen una documentación de referencia para autoridades escolares, profesorado en ejercicio, formación de inicial y permanente de profesorado en ciencias en la Universidad e Institutos de Educación Superior, del contexto de investigación. En la aplicación de cambios educativos, las indicaciones de los DO deberían constituir el respaldo de los proyectos institucionales y de aula.

El resultado del proceso de vaciado aplicado a los documentos oficiales, de la muestra, se encuentra a disposición de la consulta del lector en Anexo I (pp.529-540), que incluye 1) Propósitos de enseñanza de los contenidos procedimentales en el Área, 2) Fundamentos de las Categorías de los procedimientos del Área, 3) Contenidos procedimentales del Área y 4) Contenidos procedimentales de las disciplinas del Área. A fines de dar claridad a la comunicación, en el cuerpo de los siguientes apartados del análisis se incorpora información básica tomada de dicho Anexo.

3.1. Análisis de los resultados a la luz del marco referencial sobre estrategias de razonamiento y argumentación

3.1.1. Lineamientos del Área de Ciencias Naturales

Desde el ámbito nacional se establecen los *Contenidos Básicos Comunes (CBC)* definidos como *el conjunto de saberes relevantes que integran el proceso de enseñanza en todo el país. Su exposición tiene fines exclusivamente enunciativos y constituyen el medio estratégico para poder organizar un sistema educativo descentralizado e integrado*, luego surgen lineamientos del Área de Ciencias Naturales en el ámbito de Provincia de Buenos Aires.

Según la DGCE (1997a), el Proyecto Educativo de la Provincia de Buenos Aires se expresa en el Curriculum, en el que se explicitan los objetivos educativos que el Estado Provincial tiene para sus habitantes, también indica los elementos que deben tenerse en cuenta para que esos objetivos se concreten. Los lineamientos políticos del Curriculum se proyectan en el Diseño Curricular,

entendiendo éste como la formulación del conjunto de prescripciones, sugerencias y orientaciones que enmarcan la educación escolar. Los Documentos Curriculares constituyen el primer nivel de concreción del Diseño Curricular; el Proyecto Curricular Institucional constituye el segundo nivel de concreción del Diseño Curricular; el Proyecto de aula o Propuesta pedagógica docente constituye el tercer nivel de concreción del Diseño.

Por su parte, en el Documento Curricular B1 (DGCE, 1997b), la perspectiva del Área de Ciencias Naturales (Física, Química, Biología y Ciencias de la Tierra) se fundamenta en la necesidad de propiciar en los alumnos la base de una *cultura científica* que les permita comprender no sólo el funcionamiento del mundo natural, sino también las implicaciones que los avances del conocimiento científico y tecnológico tienen para la vida social del hombre. Planteando la perspectiva de aprendizaje significativo, señala que el propósito de la enseñanza de las Ciencias Naturales es *lograr que todos los alumnos tengan la oportunidad de apropiarse de los conocimientos necesarios para **interpretar la realidad y participar en la vida social en forma cada vez más activa, autónoma y crítica.*** Propone pues: 1) *Brindar una visión integradora de las Ciencias Naturales, de su importancia cultural, de sus formas de construcción, del tipo de **razonamiento** que usa, etc.;* 2) *Generar actitudes de: Curiosidad, problematización y **búsqueda de argumentos** para explicar y predecir.*

Respecto a los fundamentos Didácticos del Área, decide *centrar el proceso de enseñanza-aprendizaje en la construcción de conceptos estructurantes. Estos conceptos estructurantes son un medio para superar obstáculos epistemológicos y viabilizan el **desarrollo de competencias cognitivas.*** Algunos de estos conceptos estructurantes, considerados *metaconceptos*, son: **Sistema**, **Unidad y Diversidad**, **Interacción** y **Cambio**, a través de los cuales es posible reconocer la importancia de la adquisición de las ideas más relevantes del conocimiento de la naturaleza, de su organización y estructuración, en un todo articulado y coherente. Para establecer relaciones entre ellos que faciliten su construcción se ponen en juego otros conceptos tales como: *equilibrio*, **conservación**, **transformación**, *continuidad*, los cuales se consideran **conceptos puentes** en el entramado conceptual del eje areal denominado *Conocimiento de nuestro mundo.*

La idea de *integración como criterio didáctico* supone organizar los contenidos alrededor de conceptos y principios generales comunes a diferentes disciplinas científicas. Como criterio de selección y organización de contenidos se sugiere como *eje* del área el *Conocimiento de nuestro Mundo*.

Específicamente en EGB3 (12 a 14 años), se establece el eje: *El mundo natural y social, sus transformaciones como producto de interactuar con el mundo artificial*, que orienta los contenidos para **comprender la complejidad de los fenómenos naturales a través del trabajo cooperativo para la construcción de conceptos científicos a partir del planteo de situaciones significativas**, tanto del mundo natural como del artificial. Señala **la comunicación como parte de este proceso que propone desarrollar el espíritu crítico**.

En relación con ello, plantea la expectativa de que el alumnado logre *interpretar el concepto de transformación como producto de las interacciones entre el mundo natural y artificial*. De ahí, las estrategias didácticas se orientan hacia *la utilización de situaciones problemáticas significativas* donde el alumnado tenga oportunidad de *confrontar ideas* involucrado en un *proceso de indagación como trabajo grupal*.

Los Organizadores Conceptuales de Física en EGB3 son: a) *los sistemas materiales, propiedades*; 2) **estados de la materia y los sistemas energéticos, transformación y conservación de la energía**.

Se pone de manifiesto el papel del aprendizaje de los *procedimientos de investigación escolar* en EGB3, nivel obligatorio según reforma educativa de 1995.

*...Los aprendizajes más significativos están, en general, relacionados con **situaciones problemáticas** que atrapan, interesan e involucran positiva o negativamente. De tales situaciones se aprende mucho porque se **confrontan y contrastan ideas, se formulan y reformulan hipótesis en busca de la solución del problema**. El proceso de resolución compromete el conjunto de conocimientos y procedimientos aplicados por parte de quien intenta solucionar (DGCE, 1997d).*

En el nivel Polimodal (15 a 17 años), según el DO del ámbito nacional (MCE, 1997a), el aprendizaje de contenidos procedimentales tiene el **propósito** que los estudiantes aprendan a **tomar decisiones en base a argumentos y a utilizar modelos**. Procedimientos que contribuyen al desarrollo de capacidades importantes no sólo para el trabajo en ciencias, sino para la participación y desempeño de ciudadanía para el desarrollo sostenido y la vida cotidiana.

...Planificar, desarrollar y analizar, distintos **diseños de investigación** que impliquen control de variables y **tomar decisiones en base a argumentos** y/o resultados experimentales...Utilizar modelos para predecir fenómenos o resultados, y **para elaborar y analizar conclusiones de investigaciones** (MCE, 1997a).

En el ámbito provincial, los DO de *definición* de Diseño Curricular de Polimodal (DGCE, 2005a, 2005b,2005c), también señalan **propósitos** de la enseñanza de la Física que implican el **desarrollo de conocimiento procedimental cognitivo y comunicacional en la resolución de situaciones de la vida social y cotidiana**.

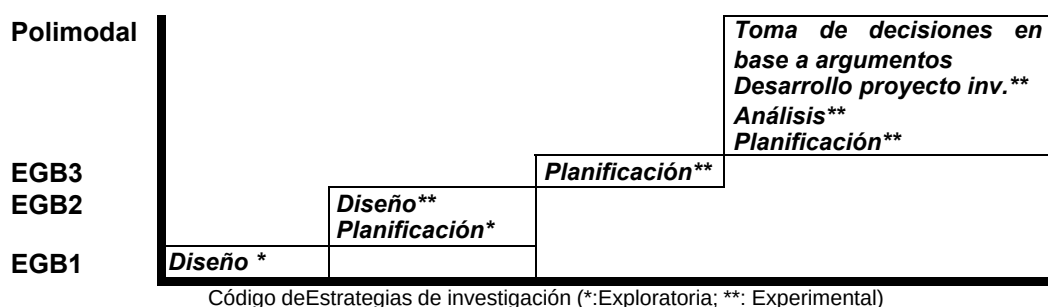
...Los propósitos de la enseñanza de la Física... incluyen: el aprendizaje de conceptos y construcción de modelos, el **desarrollo de destrezas cognitivas y del razonamiento científico**, el desarrollo de destrezas experimentales y de **resolución de problemas vinculados a la vida cotidiana**, sin dejar de lado el análisis del contexto social del cual forman parte su enseñanza, desarrollo de actitudes y valores tales como **valoración de opiniones, el trabajo en equipo y valoración crítica del conocimiento** (DGCE, 2005a, 2005b,2005c).

En el Cuadro 3.1 se muestra el conjunto de propósitos con que el currículo oficial, de la reforma vigente de 1995, incorpora la enseñanza de contenidos procedimentales generales enunciados en el Bloque 5 (B5) del Área de Ciencias Naturales, en los distintos niveles de educativos, desde los primeros cursos de EGB1 hasta la Formación de Profesorado de Ciencias (FPC).

Propósitos de enseñanza de procedimientos en el Área de Ciencias, desde EGB a FPC
EGB1 <i>Iniciación en estrategias de investigación exploratorias</i> (MCE, 1995, pp. 164)
EGB2 <i>Iniciación en estrategias de investigación experimentales</i> (MCE, 1995, pp. 165)
EGB3 <i>Profundizar y ampliar el conocimiento de las estrategias de investigación exploratorias y experimentales</i> (MCE, 1995, pp. 165)
Polimodal <i>Planificar, desarrollar y analizar de modo crecientemente autónomo, distintos diseños de investigación que implique control de variables y tomar decisiones en base a argumentos y/o resultados experimentales.</i> <i>Utilizar modelos para predecir fenómenos o resultados, y para elaborar y analizar conclusiones de investigaciones</i> (MCE, 1997a, pp. 128)
FP de EGB1 y EGB2 <i>Desarrollar ciertas competencias requeridas para el estudio y la interpretación de la realidad natural, competencias que es necesario que posean para orientar eficazmente procesos de indagación en sus futuros alumnos y alumnas</i> (MCE, 1997b, pp. 147; DGCE, 1999a, pp.9)
FPC de EGB3 y Polimodal <i>Desarrollar ciertas competencias requeridas para el estudio y la interpretación de la realidad natural, competencias que es necesario que posean para orientar eficazmente procesos de indagación en sus futuros alumnos y alumnas</i> (DGCE, 1999b, pp.32) <i>Analizar y emplear los principales procedimientos generales involucrados en los procesos de investigación en Ciencias Naturales adecuados a instituciones y contextos diversos</i> (MCE, 1998, pp. 27)

Cuadro 3.1: Propósitos Enseñanza de los Contenidos Procedimentales del B5, en distintos niveles de enseñanza

En el Cuadro 3.1, se destaca con negrita algunos propósitos que se vinculan expresamente con el razonamiento, la argumentación, la toma de decisiones en la realización de pequeñas investigaciones o indagaciones. El análisis de la información de los *Propósitos* de enseñanza de estrategias de *investigación escolar*, en EGB, Polimodal y Formación de profesorado, ha puesto de manifiesto la existencia de gradualidad en la propuesta (Esquema 3.1), que determina la necesidad de formar profesorado competente para su cumplimiento. En el esquema se distingue entre estrategias de investigación exploratoria (indicada con *) y estrategias de investigación experimental (indicada con **), notándose la propuesta de evolución en el aprendizaje de estrategias.



Esquema 3.1: Gradualidad de aprendizaje de las estrategias de investigación escolar

Se observa que este enfoque de enseñanza de estrategias de investigación exploratoria y experimental, tan ligado a la metodología científica, no alcanza a indicar la enseñanza, dentro del nivel obligatorio de EGB3, de estrategias de toma de decisiones, entre otras fundamentales. En el nivel Polimodal sí se propone el desarrollo de proyectos de investigación, análisis y **toma de decisiones en base a argumentos**, estrategias de suma importancia en la formación de la ciudadanía.

En la Formación inicial de Profesorado de Ciencias (MCE, 1998), se propone que el profesorado, tanto de EGB como de Polimodal, debe aprender a *orientar en el uso de estrategias* de investigación.

...Desarrollar ciertas competencias requeridas para el estudio y la interpretación de la realidad natural, competencias que es necesario que posean para orientar eficazmente procesos de indagación en sus futuros alumnos y alumnas (MCE, 1997b, 1998; DGCE, 1999a, 1999b).

Además, el profesorado de EGB3 y Polimodal, deberá aprender el *análisis* y *empleo* de procedimientos de investigación, que se relacionan con las estrategias indicadas para el nivel, que se indicaron en Esquema 3.1.

...Analizar y emplear los principales procedimientos generales involucrados en los procesos de investigación en Ciencias Naturales adecuados a instituciones y contextos diversos (MCE,1998; DGCE, 1999b).

Esta propuesta de formación de **profesorado capaz de analizar y orientar el uso de razonamientos y argumentación en la confrontación de ideas y toma de decisiones en relación con problemáticas significativas**, es acompañada con orientaciones que ponen énfasis en el **potencial didáctico que tiene la resolución de problema reales**. Orientaciones que también el profesorado en ejercicio recibió durante su formación permanente.

*...La **confrontación de ideas** (alumno-realidad, alumno-alumno, alumno-docente) tiene como finalidad didáctica provocar en él una actividad de elaboración, creando la **necesidad de indagar** y aprender, lo cual lo lleva a **expresar su pensamiento en el marco de trabajos grupales**. Estos trabajos le permiten poner en tela de juicio sus ideas y reunir un conjunto de nuevos datos que enriquecerán sus experiencias en relación con la cuestión que es centro de la tarea (DGCE, 1997d).*

Con mirada prospectiva del nuevo cambio curricular en construcción en el sistema educativo de la Provincia de Buenos Aires, se analiza el prediseño curricular de primer año de la nueva *Educación Secundaria* en la Provincia de Buenos Aires (DGCE, 2006a), el cual señala que pretende **promover destrezas y competencias de desarrollo de pensamiento crítico-reflexivo, imprescindible para el ejercicio de ciudadanía**. La coherencia del posicionamiento del currículo se evidencia tanto por el enunciado de *procedimientos de investigación escolar* dentro del *eje transversal CTS*, como por la explícita adhesión a la perspectiva didáctica de *aprendizaje por investigación* donde la solución de *situaciones problemáticas*, toman un papel de relevancia en la enseñanza de las ciencias.

Este nuevo DO provincial incorpora la diferenciación entre la metodología de solución de problemas científicos y problemas cotidianos, poniendo de manifiesto la tensión entre *rigurosidad* y *superficialidad*, que debería salvarse en la **solución de situaciones problemáticas de interés que haga hincapié en las relaciones CTS, como puente entre lo científico y lo cotidiano**. En las fases de solución aparecerán situaciones de **confrontación de ideas en grupo, conflicto socio-cognitivo, toma de decisiones y comunicación**. Sin duda, este nuevo DO curricular muestra un discurso explicativo y sencillo de interpretar sobre qué se entiende por resolución de problemas y qué lugar ocupa la enseñanza de procedimientos de investigación en relación del tratamiento de cuestiones donde se vincule la ciencia con la tecnología, lo social y lo ambiental.

Parecería que los enunciados de los DO vigentes, en términos **de situaciones significativas** y comprensión del *funcionamiento del mundo natural y sus implicancias en los avances del conocimiento científico y tecnológico*, necesitaban de una explicación a favor de que el profesorado se apropie de aquellas orientaciones didácticas, más allá de algunas adaptaciones del discurso docente que acompaña a los cambios educativos.

3.1.2. De la Estructura del Área de Ciencias Naturales y del Espacio curricular de Física

Ámbito Nación

En ámbito nacional los CBC del Área de Ciencias Naturales, bajo la clasificación de contenidos conceptuales, procedimentales y actitudinales, se organizan en seis Bloques (MCE, 1995, 1997a) denominados, *B1: La vida y sus propiedades; B2: El mundo Físico; B3: Estructura y cambios de la materia; B4: La Tierra y sus cambios; B5: Procedimientos en la investigación escolar del mundo natural; B6: Actitudes generales relacionadas con el mundo y con las ciencias naturales.*

Según fuentes oficiales consultadas por esta investigación, el currículo de la Reforma es un constructo de discursos pedagógicos y disciplinares. Especialistas de las disciplinas redactaron los *Bloques B1-4* y de la pedagogía los Bloques *B5-6*, por lo que podría ser posible que distintas partes del mismo currículo otorguen diferente énfasis a las estrategias investigadas.

En los *Bloques 1-4*, los diseñadores ilustran contenidos conceptuales y, en algunos niveles, contenidos procedimentales en relación con el conocimiento específico de cada Núcleo Temático (NT) en que se organiza cada disciplina del Área. En Tabla 3.1 se detalla qué Núcleos Temáticos constituyen el *Bloque B2: El mundo Físico*. EGB: *Fuerza y movimiento; Electricidad y magnetismo; Oscilaciones y ondas. Luz y sonido; Fenómenos térmicos y cambios de estado; El planeta Tierra y el Universo*; Polimodal, *Fuerza y movimiento; Energía; Ondas.*

Núcleos Temáticos del Bloque 2: <i>El mundo Físico</i>	
EGB	Polimodal
<i>Fuerzas y movimiento</i> <i>Electricidad y magnetismo</i> <i>Oscilaciones y ondas. Luz y sonido</i> <i>Fenómenos térmicos y cambios de estado</i> <i>El planeta Tierra y el Universo.</i>	<i>Fuerzas y movimientos</i> <i>Energía</i> <i>Ondas</i>

Tabla 3.1: Organización del Bloque de la Física, en EGB y Polimodal

En EGB, los Bloques disciplinares del Área enuncian contenidos conceptuales en relación con contenidos procedimentales. A modo ilustrativo se muestra la organización y clasificación (Tabla 3.2) de contenidos del Núcleo Temático (NT) de *Electricidad y Magnetismo*.

Tipo Contenido	CBC de <i>Electricidad y magnetismo</i> , Bloque <i>Mundo Físico</i>		
	EGB1	EGB2	EGB3
Conceptual	<i>Materiales conductores y aislantes de la electricidad.</i> <i>Materiales magnéticos, magnetizados y magnetizables.</i>	<i>La energía eléctrica.</i> <i>Circuitos eléctricos</i> <i>Líneas de fuerza de un imán. Fuerzas atractivas y repulsivas en imanes.</i> <i>El magnetismo terrestre.</i> <i>Las brújulas: su funcionamiento.</i>	<i>Introducción a la electrostática.</i> <i>Concepto de carga eléctrica y de campos eléctricos.</i> <i>Fuerzas eléctricas atractivas y repulsivas.</i> <i>Noción de campo magnético</i> <i>Inducción magnética</i> <i>Inducción electromagnética: electroimanes.</i> <i>Transformación de la energía mecánica en electromagnética por inducción</i>
Procedimental	<i>La exploración de características de los imanes y comportamiento de los polos.</i> <i>La observación y el registro del comportamiento de los materiales.</i>	<i>Diseño de experiencias para probar electricidad estática por frotación.</i> <i>Diseño, construcción y exploración del funcionamiento de brújulas.</i> <i>Análisis de sistemas de referencia y convenciones (cargas positivas y negativas)</i> <i>Diseño, construcción y análisis del funcionamiento de circuitos eléctricos simples: en serie y paralelo</i>	<i>Diseño, construcción y análisis del funcionamiento de aparatos simples (timbres, parlantes)</i> <i>Diseño y ejecución de exploraciones de efectos de campos magnéticos variables sobre circuitos eléctricos (leyes de inducción)</i> <i>Observación y análisis del funcionamiento de transformadores, generadores y motores eléctricos, radio y televisión</i>

Tabla 3.2: CBC de Electricidad y Magnetismo en EGB

El concepto de *Energía* es considerado fundamental en la Física, su aplicación resulta imprescindible para la comprensión tanto del entorno natural como del tecnológico (DGCE, 1997a). Coherente con ello, Polimodal retoma de EGB la ***energía eléctrica***, con el objeto de formalizar su tratamiento y avanzar

sobre cuestiones de **conservación y transformación energética**. Señalando que **el estudio de circuitos eléctricos permite explicar las diversas transformaciones** que se producen en las fuerzas electromotrices, en la conducción de corrientes y **en los sistemas que transforman la energía eléctrica en otras formas de energía**.

A diferencia de EGB, los Núcleos Temáticos del Bloque de Física en Polimodal enuncian solamente contenidos conceptuales. Los contenidos del campo de la electricidad, aparecen en relación con la energía y su transformación, en el marco del Núcleo Temático de *Energía* (Tabla 3.3).

CBC de Energía en el nivel Polimodal
<i>Energía. Energía mecánica. Conservación y no-conservación. Potencia y Trabajo mecánico. Energía térmica. Primer principio de la termodinámica. Nociones sobre irreversibilidad y espontaneidad. Energía Eléctrica. Producción, transporte y transformación de la energía eléctrica.</i>

Tabla 3.3: CBC de Energía en el nivel Polimodal

En relación con la enseñanza de los CBC propuestos en EGB y Polimodal, la gestión oficial reformó la Formación inicial de profesorado. En el caso del profesorado de EGB1 y EGB2 (MCE, 1997b) se estructuran los CBC del Área de Ciencias Naturales en los siguientes Bloques: B1: *Las características de la vida*; B2: *Fenómenos físicos y químicos*; B3: *La Tierra y el Universo*; B4: *La elaboración de conocimiento en el campo de las Ciencias Naturales*; B5: *Procedimientos relacionados con la investigación en el mundo natural*. Mientras que la Formación de Profesorado de EGB3 y Polimodal se enfoca desde la disciplina: Por ejemplo en la formación del profesorado en Física (MEC, 1998) se estructuran los siguientes Bloques: B1: *Epistemología e Historia de las Ciencias*; B2: *Ciencias Básicas* (excepto la disciplina específica); B3: *Física* (disciplina específica); B4: *La enseñanza y el aprendizaje de las Ciencias Naturales y su especificación en el campo disciplinar de la Física*; B5: *Procedimientos generales relacionados con las Ciencias Naturales y su enseñanza*; B6: *Actitudes generales*.

Ámbito Provincial

En el ámbito de Provincia de Buenos Aires, el Diseño Curricular de EGB mantiene de Nación la *Macro estructura Curricular en Área*. Pero, en vez de *Bloques* de contenidos conceptuales y procedimentales por disciplina, reorganiza

el Área en *Ejes* interdisciplinarios, como lo hiciera también la Provincia de Santa Fe con la diferencia de que no avanza en la selección contenidos por curso, ya que los indica por ciclo.

El DO de EGB (DGCE, 1999a), establece *Ejes* como criterio de organización, señalando que *atienden tanto a la construcción de aprendizajes con significado y con sentido, cuanto a la estructura disciplinar y a la integración areal.*

Los *Ejes Organizadores* del Área de Ciencias Naturales de EGB son: *La Diversidad en los Sistemas del Medio Natural; Las Interacciones en el Medio Natural; Los Cambios en el Medio natural; Del Campo Tecnológico y De la Formación Ética.* Sobre los dos últimos, comunes con otras áreas, se sostiene que *desde el ámbito de las Ciencias Naturales es necesario propiciar una Educación Tecnológica y que es necesario **favorecer** una Formación Ética que promueva el descubrimiento, **conocimiento y análisis crítico** de los comportamientos, valores y actitudes, individuales y grupales, **frente a problemáticas que la realidad plantea.***

A partir de Conceptos Estructurantes o Núcleos se propone establecer relaciones entre conceptos, procedimientos y actitudes, contenidos formulados *con niveles de complejidad progresiva, por nivel y por ciclo.* Los **Conceptos Estructurantes** establecidos son: *Sistema, Interacción, Unidad, Diversidad, Cambio, Materia y Energía.*

También se encuentra que en el ámbito provincial desaparece la clasificación de contenidos, sosteniendo que *lo procedimental, lo conceptual y lo actitudinal constituyen diversos aspectos del vínculo que se establece entre el sujeto y el objeto de conocimiento. Coherente con esta concepción **no clasifica los contenidos en conceptuales, procedimentales y actitudinales sino que integra esos aspectos*** (DGCE, 1999a). En Tabla 3.4, se muestra la estructura del Área de Ciencias Naturales en DO en los ámbitos nacional y provincial.

Estructura del Área Ciencias Naturales	
Ámbito Nación	Ámbito Provincia
<i>Bloques</i> <i>B1: La vida y sus propiedades</i> <i>B2: El mundo Físico</i> <i>B3: Estructura y cambios de la materia</i> <i>B4: La Tierra y sus cambios</i>	<i>Ejes organizadores</i> <i>E1: La Diversidad en los Sistemas del Medio Natural</i> <i>E2: Las Interacciones en el Medio Natural</i> <i>E3: Los Cambios en el Medio Natural</i>
<i>B5: Procedimientos en la investigación escolar del mundo natural</i> <i>B6: Actitudes generales relacionadas con el mundo y con las ciencias naturales</i>	<i>--</i> <i>E4: Del Campo Tecnológico</i> <i>E5: De la Formación Ética</i>

Tabla 3.4: Estructura del Área de Ciencias Naturales en ámbito nacional y provincial

Respecto al Diseño Curricular Provincial de nivel Polimodal, ha sido construido mientras el nivel ya contaba con egresados desde 2001. A fines de 2002 llegaron a las instituciones documentos borradores de los Espacios Curriculares (DGCE, 1998c) con el fin de que el profesorado elevara propuestas para la construcción. Hasta la llegada de estos documentos, el marco referencial para el diseño de aula fueron los CBC nacionales.

El borrador del Espacio Curricular de la Física propone que se enseñen los contenidos de electricidad (Tabla 3.5) en primer año de **Polimodal** y señala el **estudio de situaciones que involucren fenómenos de transformación de la energía eléctrica y análisis de circuitos desde el punto de vista de la energía y la potencia.**

Electricidad, en Espacio curricular de Física, Polimodal	
Temática	Contenidos
La corriente eléctrica	La intensidad de corriente eléctrica. Los circuitos eléctricos. La Ley de Ohm: Significado físico y cálculos. Limitaciones de la ley de Ohm. Utilización de instrumentos de medición: amperímetros, voltímetro y óhmetro. Corriente directa y corriente alterna. Transformaciones de energía en una generador. Normas de seguridad eléctricas. Cortocircuito. Sobrecarga. Descarga a tierra. Los problemas de Edison. Fusibles, llaves térmicas, disyuntores y disyuntores diferenciales. Efectos fisiológicos de la corriente eléctrica.
La energía en circuitos eléctricos	El efecto Joule: Transformación de energía eléctrica en calor. Aplicaciones cotidianas del efecto Joule. Transformaciones de energía eléctrica en movimiento, luz y calor. Los circuitos eléctricos y la conservación de energía. Almacenamiento de energía eléctrica en un capacitor: aplicaciones. La pila y las transformaciones de energía. Otros efectos de la corriente eléctrica: químico y magnético. Circuitos en serie y en paralelo desde el punto de vista de la energía y la potencia.

Tabla 3.5: Contenidos de Electricidad en documentos borradores del espacio curricular de Física, en el ámbito provincial, del nivel Polimodal

Con similitud a lo detectado en el ámbito nacional (Tabla 3.3), en el documento provincial de Polimodal es casi nula la existencia de contenidos procedimentales en relación con contenidos conceptuales. Respecto a estos últimos, mientras el DO provincial de EGB prácticamente los transcribió, en Polimodal se amplió la redacción del Núcleo de *Energía*, mostrando el lugar que representa el Efecto Joule en el estudio de la energía en los circuitos eléctricos, además de incorporar contenidos de seguridad eléctrica.

Los contenidos conceptuales enunciados en estos borradores de los espacios curriculares, fueron incorporados a los diseños de aula. En la práctica, la selección y secuenciación de contenidos dada por el profesorado en ejercicio ubicó el tratamiento de los contenidos de electricidad en segundo año de Polimodal, lo que motiva que con frecuencias los libros de textos de primer año se consulten en segundo año. En las modalidades de Polimodal en que sólo existe el espacio curricular de Física en primer año, la enseñanza de la electricidad prácticamente desapareció. Situación que se reflejó en las definiciones curriculares surgidas de la consulta a los docentes.

De la definición del Espacio curricular de Física de Polimodal (DGCE, 2005a, 2005b, 2005c), surge que las Modalidades de *Ciencias Naturales* y *Producción de Bienes y Servicios*, tienen diseño idéntico en cuanto fundamento, objetivos, contenidos y consideraciones didácticas. Mientras el diseño de dichas modalidades contempla la enseñanza de la Física en primer y segundo año de Polimodal, el resto de las modalidades tiene sólo primer año, idéntico en contenido al primero de las anteriormente citadas. Se pone en evidencia una elaboración curricular única, que no distingue características entre modalidades y se limita a recortar el espacio curricular, en alguna de ellas.

Señalan los DO de Polimodal que los Bloques de Física se constituyen considerando **Conceptos Estructurantes** del Área: *Objeto (de estudio)*; *Estado del objeto de estudio*; *Cambio y sus procesos*; *Interacción*. Éstos dos últimos, también presentes en EGB. Se sostiene que tales conceptos estructurantes permiten articular los contenidos de Física intra e interdisciplinariamente.

De esta estructuración de contenidos en *Bloques*, tres de ellos, denominados *Herramientas metodológicas para aprender Física*; *Nociones básicas de Mecánica Clásica*; *Energía y Procesos de Transferencia I*, que trata

Energía y Trabajo, se consideran base del Espacio de Física y se indican en primer año. El resto se les da el lugar de complementarios y se abordan en segundo año: *Energía y Procesos de Transferencia II*, que trata Termodinámica del equilibrio, Fluido estática y Fluido dinámica; *Nociones de electricidad, magnetismo y óptica*. De acuerdo con esta organización sólo estudian contenidos de Electricidad los estudiantes de segundo año de Polimodal, de Modalidades *Ciencias Naturales y Bienes y Servicio*.

La *Enseñanza de Nociones de Electricidad* sólo aparece en dichas modalidades con Física en segundo año, no teniendo lugar en modalidades de *Arte, diseño y comunicación, Humanidades y ciencias sociales, Economía y gestión de la organización*. Situación que, en un mundo donde la electricidad es básica para desarrollos tecnológicos que han cambiado las formas de arte, comunicación, relaciones sociales y economía y gestión de las organizaciones, además de la relevancia social y ambiental originada por la problemática de la llamada crisis de energía eléctrica, es de notar este vacío en la formación del ciudadano.

Si bien no es objeto de este estudio, se nota la existencia de otros recortes de contenido sustantivos, sobre una fundamentación del Espacio que no incorpora ninguna mención o adecuación curricular en relación con cada modalidad. Por ejemplo, la modalidad Arte tampoco trata contenidos de óptica. El Diseño Curricular de Física de Polimodal, parece plano ya que, en vez de fomentar la enseñanza de la disciplina en el marco de la modalidad, propone un espacio en función del contenido disciplinar por sí mismo y recortado, según el tiempo dedicado en plan de estudio.

En EGB, los contenidos del campo de la Electricidad (Tabla 3.6), se encuentran enunciados bajo el Concepto Estructurante denominado *Materia y energía* distribuidos en los Ejes E1-3 (Tabla 3.4), sin que se deslinde entre contenidos conceptuales y procedimentales. Mientras que en Polimodal, se enuncian sólo los conceptuales dentro del *Bloque de Nociones de Electricidad* considerado complementario, de modo que sólo dos de las cinco modalidades de Polimodal lo incluyen en el espacio curricular de Física.

Resultado de confrontar los DO de nación y provincia, se ha puesto en evidencia que la totalidad de los contenidos disciplinares del Área de Ciencias, de

EGB del documento nacional son tomados por el diseño provincial, con la sola diferencia de organización, sin clasificación de contenidos. Respecto a Polimodal, los contenidos se limitan a lo conceptual, enunciando algunos procedimientos en un *Bloque* denominado *Herramientas metodológicas para aprender Física*, donde se apunta principalmente a *consensuar un lenguaje*, indicando que *los significados se consolidarán a través de la utilización durante el abordaje de los otros bloques*. Quedando para el profesorado la tarea de enunciar y operativizar dicha relación, razón por la cual el documento de nación (MCE, 1997a) vuelve a fortalecerse como referente para la consulta, debido a que el mismo los explicita.

En la Tabla 3.6, se muestran los contenidos de Electricidad en los DO provinciales vigentes, de EGB y Polimodal.

Contenidos de Electricidad, EGB y Polimodal en el Diseño curricular vigente de la Pcia. de Bs.As.			
EGB			POLIMODAL
EGB1	EGB2	EGB3	(2do. Año. Modalidades Ciencias Naturales y Bienes y Servicios)
<i>*Materiales conductores y aislantes de la electricidad.</i> <i>**La observación y el registro del comportamiento de los materiales.</i> <i>*La energía eléctrica</i> <i>***Precauciones. Seguridad en usos diarios de la electricidad.</i>	<i>*La energía eléctrica.</i> <i>*Circuitos eléctricos.</i> <i>**El diseño, la construcción y el análisis del funcionamiento de circuitos eléctricos simples: en serie y en paralelo.</i> <i>***El cuidado en el uso de materiales atendiendo criterios de seguridad, eficacia y economía.</i> <i>**Sistemas de referencia y convenciones (cargas positivas y negativas). Análisis.</i> <i>**La electricidad por frotación. El diseño de experiencias.</i> <i>*El circuito eléctrico: pila, interruptor, lámpara eléctrica.</i>	<i>*Electrostática: Introducción</i> <i>*Concepto de carga eléctrica y de campos eléctricos.</i> <i>**El diseño y la ejecución de exploraciones de efectos de campos magnéticos variables sobre circuitos eléctricos (leyes de inducción)</i> <i>**Funcionamiento de generadores y motores eléctricos, radio y televisión. Su análisis.</i> <i>*Fuerzas eléctricas y magnéticas. Fenómenos de atracción y repulsión.</i> <i>*Inducción electromagnética: electroimanes.</i> <i>*Transformación de energía mecánica en electromagnética</i>	<i>*Cargas y * fuerzas eléctricas. Noción de campo eléctrico.</i> <i>*Circuitos eléctricos.</i> <i>*Corriente eléctrica.</i> <i>*Resistencia. *Diferencia de Potencial</i> <i>*Ley de Ohm</i> <i>*Transformaciones energéticas en un circuito. Ley de Joule.</i> <i>De los griegos a Faraday: historia de la electricidad.</i>
contenidos conceptuales (*) y contenidos procedimentales (**), tomados de CBC de nación contenidos actitudinales (***), incorporados por provincia			

Tabla 3.6: Contenidos de Electricidad en EGB y Polimodal, según diseño curricular provincial

A modo ilustrativo, se hace notar la coincidencia de los contenidos conceptuales (*) y procedimentales (**) enunciados en ámbito provincial, con

aquellos que el ámbito nacional enunció en el Núcleo Temático *Electricidad y Magnetismo*, B2 de EGB (MCE, 1995). Resultando que en el ámbito provincial se aporta, en EGB, incluye algunos contenidos, identificables como actitudinales (**), si bien debe reconocerse que actitudes como *precaución y seguridad* en relación con la electricidad, no son ajenas al saber conceptual y procedimental. También algunos conceptuales, destacados con negrita.

Respecto al definido espacio curricular de Física de Polimodal (Tabla 3.6) se observa que mantiene el contenido de *la transformación de energía en un circuito eléctrico*, ya indicado por los CBC de nación (Tabla 3.3) y por los documentos borradores (Tabla 3.5) del propio ámbito provincial, del mismo nivel. La diferencia fundamental con los CBC, radica en que la definición curricular provincial de Polimodal incorpora contenidos, que nación indicó para EGB2 y EGB3. Por ejemplo, circuitos eléctricos y nociones de electrostática y campo eléctrico, respectivamente. Podría suponerse que la implementación de EGB, aportó algunas razones para que provincia pasara tales contenidos a Polimodal. Quizás estuvieron ausentes en la enseñanza de EGB o el hecho tenga relación con la formación del profesorado de EGB, entre otras razones posibles.

En los DO provincial de Polimodal, se observa el lugar dado a la *Ley de Joule*, en cuanto contenido vinculado a las transformaciones energéticas en el circuito eléctrico. Conectado con ello se enuncian contenidos claves: corriente eléctrica, resistencia, diferencia de potencial y Ley de Ohm. Éstos tres últimos, resaltados con negrita en Tabla 3.6 no explicitados en CBC de nación, aunque en todo estudio de circuitos están implícitos.

Los contenidos de electricidad del espacio curricular de Física, son principalmente conceptuales y coinciden con los CBC de nación, aunque con cierto cambio de secuencia dentro de la estructura educativa vigente.

De acuerdo con la postura asumida por provincia, tampoco se clasifican los contenidos en el diseño curricular de Polimodal. Sin embargo, mientras en EGB aparecían contenidos de distintas clases, en Polimodal los contenidos procedimentales y actitudinales desaparecen de los bloques. Aún en aquel Bloque denominado *Herramientas metodológicas*, se enuncia en término de conceptos (*Teoría, objeto de estudio,..., hipótesis,...problemas...*). Inclusive el contenido, *la*

Física como construcción colectiva y cultural que intenta describir, explicar y predecir fenómenos de la naturaleza, se presenta como concepto, aunque el cuerpo del enunciado tiene referencias a procedimientos que sería deseable que la enseñanza pusiera en activo.

Resulta de interés la aparición de la Historia de la electricidad como contenido de enseñanza. Aunque la limitación temporal *de los griegos a Faraday*, deja de lado una parte rica de la historia en cuanto a las transformaciones energéticas. De este modo no se llegan a presentar siquiera los tiempos de la lámpara eléctrica y mucho menos avanzar en el siglo XX. A pesar de que, en el sintético marco teórico del Eje, señala que...*los fenómenos eléctricos son conocidos desde la antigüedad. Sin embargo su estudio no se desarrolló en profundidad hasta el siglo XIX. A partir de ese momento, en poco tiempo se han introducido cada vez más en nuestra vida cotidiana, modificando hábitos y costumbres y mejorando nuestra calidad de vida* (DGCE, 2005a, 2005b).

Por otra parte, mientras los borradores señalan abordar el estudio de circuitos *desde el punto de vista de la energía y la potencia*, en la definición curricular no aparece dicha referencia. Quizás, al encontrarse bajo el eje denominado *Energía y procesos de transferencia de energía* se podría considerar que espontáneamente el profesorado interpretará tal punto de vista. Sin embargo, no debería tomarse como una cuestión tan espontánea, ya que se nota que los propios diseñadores curriculares omiten enunciar *objetivos específicos* para la enseñanza de la transformación de energía eléctrica en un circuito. Los objetivos de la enseñanza de la electricidad, mantienen similitud con el enfoque tradicional, *comprensión de circuitos en relación con las magnitudes que los definen y de nociones de conceptos de carga, fuerza y campo eléctrico*.

El diseño curricular debería lograr una coherencia interna incorporando la enseñanza de la historia de la electricidad y de las transformaciones energéticas. Además, visto lo que sucede con los propios diseñadores, un cambio curricular efectivo requiere explicitar objetivos que orienten al profesorado a superar estrategias didácticas que consideran suponen razonamiento y argumentación, *experiencia de frotar una regla y atraer papelitos o armar un circuito para identificar conductores de electricidad* (García de Cajén y Rocha, 2000).

En cambio, sí se observa coincidencia entre las definiciones del diseño curricular de Polimodal con el reciente prediseño curricular del primer año de la nueva Secundaria, respecto a tomar la cuestión de la transformación energética como Eje de enseñanza CTSA, destacando la cuestión del uso y *degradación* de la energía (DGCE, 2006). *Degradación* que, los CBC de Polimodal hacían referencia a la *no-conservación*, constituye un concepto fundamental en pro de construir ciudadanía que comprenda el principio de conservación de la energía y a partir de ello, asuma un papel de responsabilidad en una sociedad demandante de energía eléctrica en el marco de sustentabilidad ambiental.

El estudio de los DO pone en evidencia una dinámica curricular que se esfuerza por transformar el enfoque de enseñanza de la electricidad, aunque a veces resulte difícil superar las ideas que pretende vencer. Se considera importante, que el diseño curricular de Polimodal opere el concepto de degradación en relación con las transformaciones de energía eléctrica y tenga en cuenta las ideas y dificultades que tienen los estudiantes respecto a la energía y los procesos de su transferencia. Ideas que sólo se detallan en los espacios curriculares de las modalidades que justamente no tienen la electricidad como contenido. Allí sí se indica la *utilización errónea de los términos producción y consumo, como sinónimo de creación y desaparición de energía* (DGCE, 2005c). Consideración didáctica, muy importante a tener en cuenta en el estudio de las transformaciones energéticas en un circuito eléctrico.

Respecto a los contenidos procedimentales, a diferencia del diseño curricular de EGB que, aunque mezclados con los conceptuales, los enuncia; en Polimodal están ausentes. De esto se deriva que los bloques enuncian exclusivamente contenidos conceptuales. La tarea de encontrar contenidos procedimentales, representa el esfuerzo intencional de extraerlos del discurso de fundamentos y de consideraciones didácticas. En consecuencia, cuando el profesorado redacta contenidos procedimentales en el diseño de aula, o bien los enuncia desde sus ideas previas, o asume el esfuerzo por extraerlos del DO, o recurre al material de referencia que los explicita, es decir a los CBC de nación.

A simple vista el DO provincial de EGB se presenta como un trabajo de elaboración curricular sobre los CBC. Sin embargo los cambios son superficiales, mera alteración de orden en el enunciado, por ejemplo *Electrostática*:

Introducción, cuando en CBC dice *Introducción a la electrostática*, o de palabras, por ejemplo *La electricidad por frotación*. *El diseño de experiencias*, cuando en CBC dice *Diseño de experiencias para probar electricidad estática por frotación*. Como ya se indicaba, sólo aparecen dos contenidos nuevos en EGB, señalados *** en la Tabla 3.6, relacionados con actitudes de cuidado y seguridad. Resulta entonces que la totalidad de los contenidos conceptuales y procedimentales de Electricidad y magnetismo de provincia, coinciden con los enunciados en los bloques disciplinares de los CBC de nación.

Este análisis, extendido a la totalidad de contenidos disciplinares del Área de Ciencias Naturales en EGB, pone de manifiesto la coincidencia de contenidos que se enuncian en Bloques B1-4 de nación y Ejes 1-3 de provincia. Mientras que aquellos procedimientos generales del B5, marco referencial de procedimientos del Área, parecerían no tener lugar en el DO provincial, quizás como consecuencia de la postura de no clasificar tipos de contenidos o no hacer el esfuerzo de vincular los procedimientos generales pertinentes al estudio de algunos contenidos conceptuales.

Sin embargo, la lectura atenta del DO provincial permite encontrar bajo el Eje de Formación Ética, procedimientos que se relacionan con el razonamiento y la argumentación (Tabla 3.7). Resulta **destacable el papel que el currículo otorga a estas destrezas cognitivo-lingüísticas en relación con la formación de la Autonomía**. Tal vinculación, es muy significativa para esta investigación. Por otra parte, brinda información acerca de la concepción de procedimientos generales de la ciencia, compartida con la que presenta nación en su Bloque 5, donde **la comunicación, el razonamiento y la argumentación** son el norte de la enseñanza de procedimientos de *pensamiento lógico, reflexivo y crítico*. También se encuentra la cuestión de aplicar la *imaginación creativa* a problemáticas con enfoque CTS, además del papel del *trabajo cooperativo* y la *toma de decisiones*. Bajo este Eje de la Ética, que se Estructura sobre el concepto de Autonomía, se encuentran estos aspectos procedimentales que son fundamentales para la formación de una ciudadanía con sentido crítico y autónoma. Términos que invoca frecuentemente el profesorado, pero que parece difícil transformar en contenidos específicos.

Del conjunto de DO de EGB, considerando que hay coincidencia en los contenidos procedimentales enunciados, la organización y clasificación dada por nación facilita el estudio de los mismos como objeto de investigación. De manera que, tomando como marco referencial del Área los *procedimientos de investigación escolar* indicados en el bloque B5 de nación, se obtendrán resultados válidos para ámbito nacional y provincial.

Aspectos	Eje de la Formación Ética: contenidos del Concepto Estructurante Autonomía		
	EGB1	EGB2	EGB3
<i>Pensamiento lógico, reflexivo y crítico</i>	La exposición de opiniones y ejemplos. El establecimiento de relaciones causales. La formulación de hipótesis. El razonamiento inductivo y deductivo	La exposición y análisis de argumentos. Vocabulario del Área El establecimiento de relaciones causales. La formulación de hipótesis. El razonamiento inductivo y deductivo en Cs.Ns.	La exposición y análisis de argumentos. Vocabulario del Área El establecimiento de relaciones causales y multicausales. Razonamiento inductivo y deductivo
<i>Imaginación creativa</i>	Aprecio a las soluciones tecnológicas ante necesidades sociales.	Aprecio por las analogías y diferencias.	Necesidades implicadas en los problemas y productos tecnológicos
<i>Trabajo escolar</i>	Procedimientos de búsqueda, selección y organización de la información. Formas de trabajo individual y grupal.	Actitud de interés en la búsqueda, selección y organización de la información para la toma de decisiones. Actitud de cooperación, solidaridad y cuidado de los materiales en el trabajo compartido	Actitud de interés en la búsqueda, selección y organización de la información para la toma de decisiones . Actitud de cooperación , solidaridad y cuidado de los materiales en el trabajo compartido

Tabla 3.7: Contenidos relacionados con el Concepto Estructurante **Autonomía**, en Eje de la Formación Ética del Diseño Curricular de la Provincia de Buenos Aires

En Polimodal, dado que todavía el Diseño se encuentra en construcción, no es posible ser tan determinante. Los DO del Espacio curricular de Física analizados han mostrado una línea más bien de economía en la elaboración de un Diseño que no distingue modalidades y que, si bien se mantiene en la línea de no separar los tipos de contenidos, cuando se enuncian en cada bloque sólo aparecen los conceptuales. Sin embargo, se ha visto que el propósito de los procedimientos incluidos en el bloque *Herramientas metodológicas* tomarán significado cuando el profesorado logre su vinculación con los contenidos conceptuales y procedimentales del espacio curricular. Esto significa, que a la hora de seleccionar procedimientos en relación con los bloques de la disciplina, no sería extraño que el profesorado continúe consultando los CBC de nación, que

continúan cumpliendo el papel de referencial ya que el currículo pone énfasis en propósitos que implican procedimientos pero luego no los desarrolla.

Sin embargo, si se observa el DO del primer año de la nueva Educación Secundaria (DGCE, 2006a) se encuentra que los contenidos del Área de Ciencias Naturales se presentan bajo **Ejes organizadores** denominados *Energía, cambio y movimiento; Los materiales y sus transformaciones; El cambio y la diversidad en los sistemas biológicos; La ciencia y la Tecnología en la sociedad*. Ejes que se plantean a partir de conceptos Estructurantes de **Interacción, Diversidad y Cambio**, semejantes a los de la estructura vigente, que pretende reformar. Se ha notado la correspondencia existente entre cada Eje y una disciplina del Área, diferencia sustantiva con el diseño vigente en EGB donde cada Eje tenía características interdisciplinaria. Se consta que en el Eje *Energía, cambio y movimiento*, se concentran los contenidos de Física, enunciando sólo los conceptuales.

Respecto a los contenidos de Electricidad, se abordan exclusivamente desde el punto de vista de **Energía y Procesos de transformación de energía** (Tabla 3.8).

Contenidos de Electricidad de 1er. año de nueva Educación Secundaria (12 años) Prediseño curricular para 2007, de la Pcia. de Bs.As.
La energía: cualidades de la energía: presencia en toda actividad, posibilidad de ser almacenada, transportada, transformada y degradada...Energía eléctrica...Principio de conservación de la energía... Elaboración de explicaciones en términos de intercambio o transformaciones energéticas.
Procesos de transferencia de energía: ...La energía y la sociedad actual. El uso y la degradación de la energía.

Tabla 3.8: Contenidos de Energía eléctrica en 1er. año nueva Secundaria, según prediseño curricular provincial

En relación con ello se enuncian contenidos que muestran énfasis por alfabetizar al ciudadano sobre la problemática energética, a diferencia del currículo vigente que tiene un enfoque más tradicional de la enseñanza de la Electricidad: *electrostática y circuitos* (Tabla 3.6). Contenidos que, a pesar de su vigencia, la experiencia profesional y ciudadana dentro del sistema educativo, permite afirmar que excepcionalmente se abordan en EGB. Y sólo aquellos que cursen las modalidades de Polimodal, Ciencias Naturales o Bienes y Servicios, los encontrarán en los diseños del aula.

El enfoque energético dado en los DO de la nueva secundaria coincide con aquel que aparece en los últimos documentos de definición curricular de Polimodal. Lo que marca un aspecto transformador de la perspectiva de enseñanza de la electricidad, que se incluye como contenido desde un enfoque de energía, en cursos de educación obligatoria.

El énfasis puesto en el citado Eje sobre cuestiones energéticas, tiene vinculación con el *Eje Transversal* denominado *La ciencia y la tecnología en la sociedad*. Pero, se encuentra que el mismo DO incurre en expresiones alejadas del lenguaje científico que pretende se enseñe en el aula. Por ejemplo en relación con los *procesos de degradación de la energía...* expresa indicaciones en términos de **derroche de energía**.

La distribución de contenidos que según el DO *respeto las indispensables procedencias disciplinares*, deja al profesorado la tarea de elaborar un diseño de aula que logre las *integraciones posibles entre los contenidos de los diferentes ejes*, es decir la integración en el área. Formar en el nuevo currículo exigirá una lectura cuidadosa por parte del profesorado y formación para construir el área respetando los nuevos Ejes y contenidos.

El análisis de los lineamientos curriculares de Ciencias Naturales vigentes y los cambios que se pretenden implementar, pone en evidencia que el alumnado debe aprender a resolver situaciones problemáticas que le sean significativas. Y el profesorado debe ser capaz de sacarle rédito a la resolución de problemas reales como estrategia para aprender procedimientos de la investigación escolar, entre las que se señala la argumentación en relación con la toma de decisiones.

La perspectiva de la enseñanza de la electricidad muestra la tendencia, cada vez más explícita, hacia situaciones problemáticas relacionadas con cuestiones energéticas y procesos de transferencia de energía. También se ha puesto de manifiesto la tendencia a transformar el ambiente de aula de ciencias en un espacio de ejercicio de confrontación de ideas, elaboración de conclusiones y otras estrategias cognitivas y comunicacionales que se vinculan con aquellas que se encuentran en el marco referencial de la investigación sobre estrategias de razonamiento y argumentación (Tabla 2.6, pp.84).

Conociendo estos resultados del análisis de marcos teóricos y lineamientos curriculares, se realiza a continuación el estudio de los contenidos procedimentales que los mismos DO enuncian.

3.1.3 De los Procedimientos en la investigación escolar del mundo natural

Los resultados del apartado anterior, brindan elementos que fundamentan realizar el estudio de los contenidos procedimentales, sobre los DO que enuncian los CBC de nación. Ya que el diseño curricular provincial de EGB simplemente los transcribe con otro orden, y en Polimodal prácticamente no los enuncia.

Es importante recordar que para el estudio de estrategias de argumentación y razonamiento se ha construido un referencial que se ilustra en Tabla 2.6, pp.84. De los diferentes significados dados al término en la literatura científica especializada (Monereo y Castelló, 1997; Pozo y col., 1995; Sevilla, 1994; Tishman y col., 1994), consideramos que las *estrategias* comprenden, además del plan de acción, la propia acción y la valoración de la acción realizada (Monereo y Castelló, 1997) y requieren de la utilización de *destrezas* (Pozo y col., 1995). En consecuencia se necesita de un marco de referencia que permita identificar las destrezas utilizadas, presentes en las estrategias de razonamiento y de argumentación.

Del estudio de la estructura del Área de Ciencias Naturales (Tabla 3.4), se ha detectado que los CBC, de los distintos niveles educativos, indican un Bloque específico de *Procedimientos en la investigación escolar del mundo natural*, el Bloque 5 (B5). En éste, los especialistas curriculares de perfil de la pedagogía organizan los contenidos en cinco *Categorías: Formulación de preguntas y explicaciones provisorias* (C1), *Selección, recolección y organización de información* (C2), ***Interpretación de la información*** (C3), *Diseño de investigaciones* (C4) y ***Comunicación*** (C5), que hemos codificado, para abreviar el discurso en la investigación, indicando categorías C1 a C5. Es destacable el esfuerzo puesto en el DO nacional, por explicitar desde qué postura se proponen estas Categorías de procedimientos del Área. En el Cuadro 3.2 se muestra el fundamento que indica para la Categoría de C3, clave para esta investigación.

Fundamentos de C3: Interpretación de la información
EGB En los fundamentos de esta categoría se considera que: La interpretación de la información atraviesa todo el proceso de producción de conocimiento: en la observación se interpreta, en la elaboración de conclusiones se interpreta. La interpretación supone establecer relaciones entre diversos aspectos de la información obtenida y elaborar algo de todo ello. La interpretación debe apoyarse en los datos y referirse a las experiencias que se llevan a cabo. <i>En el proceso de interpretación de la información, es esperable que los alumnos/as puedan: a) Diferenciar las conclusiones que se ajustan a las pruebas disponibles de aquellas que son inferencias que trascienden a dichas pruebas. ; b) evitar la tendencia a generalizar las conclusiones obtenidas en una situación determinada; c) contrastar las conclusiones parciales con modelos o teorías explicativas más amplias.</i> <i>La búsqueda de modelos es un contenido procedimental central para interpretar la información que se trabaja (MCE, 1995, pp.139; DGCE, 1995, pp.174).</i> Polimodal Señala la importancia de: Discutir las interpretaciones y analizar la pertinencia de las mismas de modo de evitar generalizaciones acríticas; Comparar las conclusiones parciales que resultan del trabajo de investigación escolar, con modelos o teorías explicativas más amplias. Se trabaja el análisis y la elaboración de modelos y se los toma como referentes para formular hipótesis, para anticipar resultados, interpretar situaciones y cotejar conclusiones (MCE, 1997a, 127; DGCE, 1998c, pp.10).

Cuadro 3.2: Fundamentos de la categoría C3, Interpretación de la información

Mientras que en Cuadro 3.3 se muestra los fundamentos de la categoría C5, que condiciona el estudio de las estrategias de argumentación que se aplica a los procedimientos de la categoría C3.

Fundamentos de C5: Comunicación
EGB Se considera que la Comunicación es un proceso que: atraviesa todo el proceso de construcción de conocimientos, el cual es colectivo (MCE, 1995, pp. 140; DGCE, 1995, pp. 174) Involucra el manejo y la comprensión de un vocabulario específico de las ciencias naturales, mediante el cual se intercambian y construyen significados. Implica colaboración e intercambio con otros grupos o equipos que se hallen investigando sobre el mismo problema. Utiliza diferentes recursos: a) comunicaciones escritas, b) comunicaciones orales, c) trabajo grupal, d) análisis de experimentos históricos, registro gráfico, exposición oral, etc. Polimodal Se indica la comunicación supone la elaboración de pautas para redactar informes, artículos, la presentación y discusión de proyectos de investigación, la exposición de resultados, entre otros. Y se señala la importancia de profundizar habilidades comunicativas requeridas para el trabajo grupal, consistentes en escuchar al otro, hacerse escuchar, confrontar de modo coherente sobre la base de información relevante y establecer comunicación con todos los miembros (MCE, 1997a, 127; DGCE, 1998c, pG10).

Cuadro 3.3: Fundamentos de la categoría C5, Comunicación

Los marcos de fundamentos de la Categorías mostrados en los Cuadros 3.2 y 3.3 ponen de manifiesto que los procedimientos de *interpretación* y de *comunicación* atraviesan todo el proceso de construcción de conocimiento, el cual se concibe colectivo y relacionado con prácticas de discusión y confrontación.

Para orientar sobre el lugar dado a los contenidos de las distintas categorías, se indica (Tabla 3.9) cuántos, de cada una de ellas, son enunciados en cada nivel de enseñanza. Dada la extensión del nivel de EGB*, lo hacemos por ciclos (1º/2º/3º).

Bloque 5: Procedimientos en la investigación escolar del mundo natural				
Categorías	Código Categoría	Distribución, por nivel educativo		
		EGB*	POL	FPC
<i>Formulación de preguntas y explicaciones provisionales</i>	C1	3/ 3/ 2	2	2
<i>Selección, recolección y organización de información</i>	C2	6/ 9/ 9	2	2
<i>Interpretación de la información</i>	C3	3/ 3/ 3	2	4
<i>Diseño de investigaciones</i>	C4	1/ 3/ 2	1	1
<i>Comunicación</i>	C5	2/ 4/ 2	2	2

Tabla 3.9: Categorías procedimentales del Bloque 5, CBC de nación

En Tabla 3.9 se pone de manifiesto que el currículo oficial propone el aprendizaje de los contenidos procedimentales desde el primer ciclo de EGB, nivel educativo que concentra el mayor número de contenidos procedimentales. La información de la tabla se transforma, a fin de mostrar la distribución cuantitativa de contenidos procedimentales por Categoría en la currícula de EGB (Gráfico 3.1), cuestión que marca tendencia en cuanto saberes previos disponibles para los niveles siguientes. Nótese el lugar de preponderancia que se le otorga a los procedimientos de C2: *Selección, recolección y organización de la información*. Mientras que el resto de las categorías tiene una presencia bastante similar entre sí, como es el caso de C3: *Interpretación de la información* con C5: *Comunicación*.

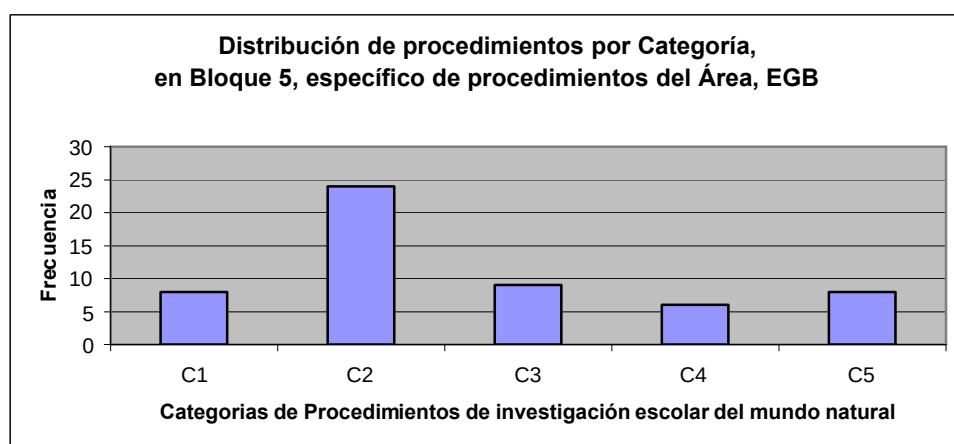


Gráfico 3.1: Distribución de procedimientos por Categoría en Bloque 5, EGB

La tendencia hacia la categoría C2, se acentúa en EGB3 donde reúne el 50% de los procedimientos de investigación escolar del mundo natural. Línea que provincia tomó como aspecto de *trabajo escolar* para la formación de autonomía y toma de decisiones (Tabla 3.7).

Se recuerda que la literatura (Pro, 1998) aporta formas de clasificar los contenidos procedimentales. En la organización curricular de *procedimientos* propuesta por Pozo et al. (1995) se incluyen las estrategias de razonamiento en la categoría de *Análisis de la información y realización de inferencias*. En algunos currículos se consideran la interpretación y el análisis como dos categorías distintas (Pozo y col., 1995; Pro, 1998). En cambio Sevilla (1994) señala que la interpretación requiere del proceso de análisis, criterio que coincide con la categorización del currículo oficial investigado ya que encontramos los procedimientos de análisis, la formulación de predicciones y la realización de inferencias, incluidos en la categoría C3: ***Interpretación de la Información***, vaciados en Tabla 3.10.

Nivel de enseñanza	DO	Contenidos procedimentales de <i>Interpretación de Información, (C3)</i>	CD
EGB1	MCE, 1995, pp. 164	<i>Reconocimiento de diferencias entre objetos o hechos semejantes</i> <i>Reconocimiento de semejanzas entre objetos o hechos diferentes</i> <i>Predicción de comportamientos en base a resultados de exploraciones realizadas</i>	1.a 1.b 1.c
EGB2	MCE, 1995, pp. 165	<i>Integración de diversos aspectos de la información (procedentes de observaciones directas o de fuentes secundarias) e inferir algo de ellos</i> <i>Uso de pautas o relaciones de la información, medidas u observaciones para hacer predicciones</i> <i>Identificación de tendencias o relaciones en la información</i>	2.a 2.b 2.c
EGB3	MCE, 1995, pp. 165	<i>Diferenciación de conclusiones que se ajustan a evidencias de inferencias que van más allá de las evidencias</i> <i>Predicción de comportamientos a partir del análisis de gráficos y de procesos</i> <i>Elaboración de Modelos y análisis de la pertinencia de los mismos</i>	3.a 3.b 3.c
Polimodal	MCE, 1997a, pp. 129	<i>Análisis e interpretación de situaciones a partir de principios o modelos</i> <i>Evaluación de la pertinencia de procesos, materiales y/o aparatos a emplear en la investigación</i>	4.a 4.b
Formación de Profesores de Ciencias	MCE, 1998, pp.26; 1997b, pp. 150 DGCE, 1999b, pp.33.	<i>Análisis e interpretación de situaciones a partir de principios o modelos</i> <i>Evaluación de la pertinencia de procesos, materiales y/o aparatos a emplear en la investigación</i> <i>Comparación de diferentes teorías y modelos</i> <i>Análisis crítico y contextualizado de cada teoría o modelo en un marco sociocultural</i>	5.a 5.b 5.c 5.d
CD: n°: de 1 a 3 corresponde a ciclos de EGB; 4 a Polimodal y 5 a FPC; letras, indican posición en el listado. Ejemplo: 3.a indica, procedimiento de EGB3, enunciado en primer lugar en dicho ciclo			

Tabla 3.10: Contenidos procedimentales de Categoría Interpretación de información, en EGB, Polimodal y Formación de profesorado

En Tabla 3.10, se obtiene el resultado de volcar los procedimientos de *Interpretación*, en los distintos niveles de enseñanza. Se aplica Código (CD), a sólo efecto de identificación del contenido procedimental en el análisis sobre vinculación con estrategias de razonamiento y argumentación. Del análisis de esta Categoría *Interpretación de Información* (C3), resulta qué tipo de estrategias de razonamiento propone el *Bloque 5* de contenidos procedimentales de investigación escolar.

Teniendo en cuenta que la argumentación (Pontecorvo y Girardet, 1993; Driver y Newton, 2000) está relacionada con actividades colectivas, consideramos el campo social y de comunicación (Duschl, 1995) como condicionante de la práctica de la argumentación. Consecuentemente, se determinan las estrategias de argumentación a partir del análisis de los procedimientos de C3, teniendo en cuenta la presencia curricular de procedimientos de *Comunicación*, categoría C5 del Bloque 5, que se ilustra en Tabla 3.11, para los distintos niveles de enseñanza.

Nivel de enseñanza		DCB	Contenidos procedimentales de la categoría Comunicación, Bloque 5
EGB	EGB1	MCE, 1995, pp. 166	Escucha de las ideas de los demás y respuestas a ellas Uso de la escritura o lenguaje como medios para manifestar ideas o relacionar unas con otras
	EGB2	MCE, 1995, pp. 167	Confrontación de ideas en pequeños grupos de discusión Uso de diferentes recursos comunicativos Elaboración de informes de investigación con ayuda del docente. Análisis de los informes de investigación que se elaboran
	EGB3	MCE, 1995, pp. 167	Elaboración de informes de investigación de modo autónomo Análisis de la pertinencia de diferentes recursos comunicativos de acuerdo a su finalidad
Polimodal		MCE, 1997a, pp. 129	Presentación y discusión de proyectos de investigación y de resultados de los mismos Selección de diferentes medios para la comunicación de información
FPC	de EGB1 y EGB2	MCE, 1998	
	de EGB3 y POL		

Tabla 3.11: Contenidos procedimentales de Comunicación del Área de Ciencias Naturales, Bloque 5, en distintos niveles de enseñanza.

Se decide centrar en la categoría *Comunicación* la búsqueda de evidencia del rol que tiene la componente social en la construcción de la ciencia escolar. En los fundamentos de esta categoría el marco legal (MEC, 1995, p.140) sostiene que *el proceso de producción de conocimientos científicos es colectivo*,

requiere de la colaboración de los grupos científicos, la comunicación posibilita el intercambio entre ellos y viabiliza la construcción de un conocimiento objetivo. Se señala también que la comunicación no se circunscribe a la comunicación de resultados, sino que abarca todo el proceso de construcción de conocimientos. Esta perspectiva de la Comunicación, resulta propicia para la práctica de la argumentación en las clases de ciencias.

El procedimiento de contrastar los contenidos de *Interpretación de la Información* (Tabla 3.10) con las destrezas implicadas en las estrategias de razonamiento y de argumentación indicadas el *marco referencial* de Tabla 2.6, (pp.84), es complejo a pesar de contar con este instrumento de análisis específicamente diseñado para la investigación (García de Cajén y cols., 2002). Implica tomar decisión a partir de una interpretación que pone en activo marcos curriculares de la categoría estudiada y marcos teóricos de la investigación, sobre qué se entiende por razonamiento y argumentación.

Se describe a continuación la estrategia utilizada en el contraste de procedimientos. Por ejemplo, si de Tabla 3.10 se toma el procedimiento 1.a: *Reconocimiento de diferencias entre objetos o hechos semejantes*, a la luz del *marco referencial* (Tabla 2.6, pp.84) se considera que se vincula con la destreza I.3: *comparar y establecer relaciones*. Por otra parte, considerando en el Bloque 5 la presencia de contenidos de *Comunicación* que marcan la importancia *del uso de lenguaje* en EGB1 (Tabla 3.11), es posible también vincularlo con A.2: *diferenciar hechos y explicaciones teóricas* del mismo referencial. Por tal razón, en Tabla 3.12, se señala el procedimiento 1.a como estrategia de razonamiento inductivo y estrategia de argumentación

En el caso de Polimodal y Formación de Profesores, se encuentra que los procedimientos analizados (4.a,..., 5.d, en Tabla 3.10) el diseño los acompaña con procedimientos de *Comunicación* relacionado con **discusión** (Tabla 3.11), razón que da marco para vincular los procedimientos con diversas destrezas de argumentación.

Ha sido posible categorizar cada uno de los procedimientos de C3: *Interpretación de la Información*, en relación con estrategias de razonamiento y argumentación. En Tabla 3.12, se explicitan algunas de las destrezas, tomadas

del referencial, que se consideran más relevantes como clave de la decisión de categorización.

	Procedimientos de C3: Interpretación de la información, en B5: Procedimientos de investigación escolar del mundo natural														
	EGB									Polimodal		Formación de Profesores de Ciencias			
Estrategias	1.a	1.b	1.c	2.a	2b	2.c	3.a	3.b	3.c	4.a	4.b	5.a	5.b	5.c	5.d
Razonamiento inductivo	I3	I3	I5 I7	I3 I4 I6 I8	I3 I4 I6 I7 I8	I3 I4		I2 I3	I2 I6 I7						
Razonamiento deductivo				D2	D2				D2	D2		D2			
Argumentación	A2	A2	A1 A4	A1	A5 A10 A13	A1 A3 A4	A2 A3	A10 A12	A5 A6 A12 A15	A3 A4 A13	A7 A10 A14	A3 A4 A13	A7 A10 A14	A2 A8 A13 A15	A1 A10 A11 A14 A16 A17 A18 A20

Tabla 3.12: Presencia de Estrategia de razonamiento y/o argumentación, en los procedimientos generales del Área de Ciencias Naturales

Se ha considerado importante que en la Tabla 3.12, se identifiquen algunas destrezas a partir de las cuales se categoriza los procedimientos de investigación escolar del mundo natural. Es posible que en algún caso pueda generar discusión, pero de esa manera se pone en evidencia la complejidad que reviste interpretar los procedimientos que se vinculan con el razonamiento y la argumentación. A partir de ello, es posible significar la dificultad de la tarea que representaría para el profesorado que tuviera el propósito de identificar procedimientos que tengan por objetivo el que sus alumnos razonen y argumenten.

Los diseñadores curriculares de perfil de la pedagogía ponen énfasis en el *Bloque 5* en que los estudiantes aprendan estrategias de razonamiento y de argumentación desde los primeros ciclos de EGB. Hemos de señalar que las estrategias de razonamiento inductivo predominan en EGB, mientras que **el aprendizaje de la argumentación abarca todos los niveles, acentuándose en Polimodal y Formación de Profesores**. Todo ello, en el marco de *resolución de problemas reales a través de pequeñas investigaciones*, según indica el currículo

oficial, por ejemplo de Polimodal, en la categoría C1: *Formulación de preguntas y explicaciones*,

*...identificación de **problemas físicos factibles de ser abordados por consideraciones energéticas**, planteen preguntas problematizadoras, formulen hipótesis, realicen predicción de fenómenos o resultados a partir de modelo y principios* (DGCE, 1998c, pp.10).

Y en la categoría C4: *Diseño de investigaciones escolares*,

*El **diseño, realización y evaluación de proyectos de investigación escolar para resolver problemas** de estudio, con mayor autonomía* (MCE, 1997a, 128; DGCE, 1998c, pp.10)

3.1.4 De los procedimientos en las disciplinas del Área de Ciencias Naturales

En el apartado anterior, se pusieron en evidencia los resultados del estudio de los procedimientos generales del Área de Ciencias Naturales, en todos los niveles de enseñanza. Se considera ahora los procedimientos específicos redactados por especialistas curriculares de las disciplinas que conforman el Área. Se aplica el estudio con una visión de conjunto de las disciplinas, dado que si directamente se centrara en una sola de ellas, por ejemplo en Física, se estaría dejando de lado la estructura vigente de Área, que se supone se enriquece desde todas sus disciplinas.

Resulta que en distintos niveles de enseñanza, los procedimientos tienen diferente presencia. Mientras que en EGB (MCE, 1995) cada bloque disciplinar presenta numerosas relaciones entre contenidos conceptuales y procedimentales (por ejemplo: en B2, de EGB2, *Circuitos eléctricos*, se acompaña con el contenido procedimental *Diseño, construcción y análisis de funcionamiento de circuitos simples*), en Polimodal (MCE, 1997a), la redacción de procedimientos casi no se detalla en relación con conceptos, mientras que en Formación de profesorado directamente no se enuncian procedimientos en las disciplinas, razón por la que este nivel no aparece en el estudio que se realiza en el presente apartado.

Los procedimientos enunciados en las disciplinas del Área (B1-4) son tantos y diversos, que para su estudio es necesario organizarlos. Para ello, se toma aplica un proceso de categorización de cada uno, aplicando criterios que se forman a partir de los Fundamentos de las *Categorías* (C1-5) de procedimientos generales del Área y los procedimientos propiamente dichos enunciados en cada categoría del Bloque 5. Se procede a categorizar la *totalidad* de los

procedimientos que se enuncian en todas las disciplinas del Área, en los niveles educativos EGB y Polimodal. En Tabla 3.13, se ilustra, el resultado de aplicar la *categorización y agrupamiento* a los procedimientos de Física, en EGB. Extenso pero de valor para comprender el proceso aplicado.

Nivel	NT	Procedimientos del BLOQUE 2: MUNDO FÍSICO	C	G
EGB1	a)	Observación, registro y <u>comparación</u> de distintos desplazamientos	C2; C3	G2
		Graficación de circuitos de recorrida	C2	
		Estimación y medición de distancias, tiempos	C2	
		Elaboración de informes sencillos para la comunicación de resultados	C5	
		Representación gráfica de distintas trayectorias	C2	
	b)	Exploración de características de los imanes y comportamiento de los polos	C2	
		Observación y registro de comportamiento de materiales conductores y aislantes	C2	
	c)	Diseño y construcción de instrumentos musicales	C4	
		<u>Clasificación</u> de sonidos	C3	G1
		Producción de sombras	C2	
		Exploración de luces, sombras, medios difusores, transparentes y opacos	C2	
	d)	Representación gráfica de trayectorias seguidas por la luz	C2	
		<u>Clasificación</u> de materiales en conductores y aislantes	C3	G1
		Observación, registro y descripción de cambios de estado en diferentes sustancias	C2; C5	
		Observación del cielo y registro de sus características	C2	
EGB2	a)	Anticipación, observación e <u>interpretación</u> de la caída libre de diferentes objetos	C1; C2; C3	G6
		Medición de velocidades y masas	C2	
		Observación, registro e <u>interpretación</u> de características de movimientos... planos inclinados	C2; C3	G6
		Elaboración e <u>interpretación</u> de gráficos de organización de la información	C3; C3	G8
	b)	Diseño de experiencias para probar electricidad estática por frotación	C4	
		Diseño, construcción y exploración del funcionamiento de brújulas	C4; C2	
		<u>Análisis</u> de sistemas de referencia y convenciones (cargas positivas y negativas)	C3	G4
		Diseño, construcción y <u>análisis</u> del funcionamiento de circuitos eléctricos: serie y paralelo	C4; C3	G9
	c)	Exploración de la propagación del sonido en distintos medios	C2	
		<u>Análisis</u> del funcionamiento de un estetoscopio y uso del mismo	C3; C2	G9
		Exploración de la reflexión de rayos de luz en espejos	C2	
		Diseño, construcción y <u>análisis</u> del funcionamiento de periscopios	C4; C3	G9
	d)	Exploración de la descomposición de la luz a través de prismas	C2	
		Observación y registro del flujo de calor	C2	
		Observación, registro e <u>interpretación</u> de experiencias de dilatación de los cuerpos	C2; C3	G6
		Medición de temperaturas de cambios de estado	C2	
	e)	Observación, registro e <u>interpretación</u> de características del cielo de día y de noche	C2; C3	G6
		<u>Construcción y análisis</u> de modelos de sistema planetario	C3	G3
EGB3	a)	Exploración del centro de gravedad de diferentes objetos	C2	
		Observación, registro y control de variables que intervienen en el movimiento pendular	C2	
		Lectura y análisis de experimentos históricos	C2	
	b)	Diseño, construcción y <u>análisis</u> del funcionamiento de aparatos simples (timbres, parlantes)	C4; C3	G9
		Diseño y ejecución de exploraciones de efectos de campos magnéticos variables...	C4; C2	
		Observación y <u>análisis</u> del funcionamiento de transformadores,... y motores eléctricos, radio	C2; C3	G9
	c)	Diseño y ejecución de experimentos sobre acústica de diferentes ambientes	C4	
		Producción de resonancias y representación del fenómeno en modelos gráficos	C2	
		Construcción y uso de instrumentos ópticos sencillos	C2	
		Recuperación de información de material de divulgación sobre reflexión total. Fibras ópticas	C2	
		<u>Comparación</u> de difracción e interferencia en luz con experiencias análogas en sonido	C3	G2
		Uso de redes de difracción	C2	
	d)	<u>Interpretación</u> de escalas de temperatura y traducción de unas u otras	C3	G10
		Diseño y desarrollo de experimentos para medir la pérdida de calor por radiación	C4	
	e)	Observación del cielo con telescopio	C2	
		Representación de observaciones	C2	
		<u>Análisis</u> de modelos históricos de sistemas planetario	C3	G3
		Recuperación de información en material de divulgación	C2	
		<u>Análisis</u> de escalas de distancia astronómicas	C3	G10
Núcleos Temáticos (NT): a) Fuerzas y movimiento; b) Electricidad y magnetismo; c) Oscilaciones y ondas. Luz y sonido; d) Fenómenos térmicos y cambio de estado; e) El Planeta Tierra y el Universo				

Tabla 3.13: Categorización de procedimientos del BLOQUE 2: MUNDO FÍSICO, EGB, e identificación de grupos en procedimientos que corresponden a C3

De igual manera, en Tabla 3.14 se ilustra el resultado de aplicar el proceso de categorización y agrupamiento en procedimientos de Física, enunciados en Polimodal

Procedimientos del BLOQUE 2: MUNDO FÍSICO, Polimodal	C	G
Diseño y realización de experimentos acerca de procesos de conversión, almacenamiento y flujos de energía	C4	
<u>Análisis de funcionamiento</u> de objetos tecnológicos y sistemas naturales que involucren fenómenos térmicos, ondulatorios, gravitatorios, electromagnéticos, etc.	C3	G9
<u>Análisis del funcionamiento</u> de circuitos eléctricos	C3	G9
Búsqueda e <u>interpretación de información</u> referida a temas tales como utilización de la energía y preservación del ambiente, semiconductores y aplicaciones de la espectroscopia.	C2; C3	G5

Tabla 3.14: Categorización de procedimientos del BLOQUE 2: MUNDO FÍSICO, Polimodal e identificación de grupos en procedimientos que corresponden a C3

El proceso aplicado en Tablas 3.13 y 3.14, consiste en evaluar a qué *Categoría* (C) de las que indica el Área (Tabla 3.9) pertenece cada procedimiento disciplinar, en caso de corresponder la categoría C3 de *Interpretación de la Información*, se los subraya y se identifica *Grupos* (G) de procesos cognitivos, que con independencia del concepto al que se aplican, se relacionan con el tipo de procedimientos que la categoría C3 establece para el Área (Tabla 3.10). Se identifica los siguientes *Grupos*: Clasificación (G1), Comparación (G2), Elaboración y/o análisis de modelos o explicaciones (G3), Análisis de sistemas (G4), Análisis y/o interpretación de información (G5), Análisis y/o interpretación de experimentos o fenómenos (G6), Análisis de variables (G7), interpretación de gráficos (G8), Análisis y/o interpretación de escalas (G9) y Análisis y/o interpretación de funcionamiento o procesos (G10).

Durante este proceso, con frecuencia se encuentran contenidos de las disciplinas compuestos por más de un procedimiento, que pueden corresponder o no a una misma *Categoría* (C) del *Bloque* de procedimientos generales. Es el caso de contenidos de *Electricidad y magnetismo* en el Bloque del *Mundo Físico*, de EGB3 (MCE, 1995). Por ejemplo, el contenido disciplinar *Diseño, construcción y análisis del funcionamiento de aparatos simples*, por enunciar *diseño* se identifica (Tabla 3.15) con la categoría C4: *Diseño de investigaciones* y además, por enunciar *análisis*, con C3: *Interpretación de la información*.

Contenidos procedimentales del núcleo temático <i>Electricidad y magnetismo, EGB3</i>	C
<i>Diseño, construcción y análisis del funcionamiento de aparatos simples (timbres, parlantes)</i>	C4; C3
<i>Diseño y ejecución de exploraciones de efectos de campos magnéticos variables sobre circuitos eléctricos (leyes de inducción)</i>	C4; C2
<i>Observación y análisis del funcionamiento de transformadores, generadores y motores eléctricos, radio y televisión</i>	C2; C3

Tabla 3.15: Categorización procedimientos de Electricidad y Magnetismo

Resultado del proceso de categorización (columna C, en las tres Tablas anteriores) de contenidos procedimentales enunciados en la totalidad de las disciplinas (Biología, Física, Química y Ciencias de la Tierra) del Área, se obtiene información que permite aplicar el estudio con idéntica metodología que se hizo con los procedimientos generales del Área, realizado en apartado anterior. Esto significa, se logra identificar los contenidos disciplinares que corresponden a la categoría *C3: Interpretación de información*, sobre la cual se centra la búsqueda de estrategias de razonamiento y argumentación. También se tiene identificados los contenidos disciplinares que corresponden a la categoría *C5: Comunicación*, información sustantiva para establecer la presencia de estrategias de argumentación en las disciplinas del Área.

Se ha puesto de manifiesto la siguiente distribución de los contenidos por disciplina y categoría procedimental (Tabla 3.16). En el nivel de EGB, se indica la distribución por ciclo (1º/2º/3º).

Categorías de contenidos en el Bloque 5: <i>Procedimientos en la investigación escolar del mundo natural</i>	CD categoría	Distribución de contenidos procedimentales de bloques disciplinares de EGB y Polimodal							
		B1 La vida y sus propiedades		B2 El Mundo Físico		B3 Estructura y cambios de la materia		B4 La Tierra y sus cambios	
		EGB	Pol	EGB	Pol	EGB	Pol	EGB	Pol
<i>Formulación de preguntas y explicaciones provisionales</i>	C1	0/0/0	0	0/1/0	0	0/0/0	0	0/2/0	1
<i>Selección, recolección y organización de información</i>	C2	8/10/11	3	12/13/12	1	2/7/7	1	5/6/9	1
<i>Interpretación de la información</i>	C3	7/3/7	4	3/10/6	3	3/3/7	1	4/7/9	2
<i>Diseño de investigaciones</i>	C4	3/3/8	2	1/4/4	1	4/3/2	2	1/4/2	1
<i>Comunicación</i>	C5	2/3/2	0	3/0/0	0	2/2/2	0	1/0/0	0

Tabla 3.16: Distribución por categorías de procedimientos disciplinares de EGB3 y Polimodal

Como ya se adelantara en apartados anteriores, es notorio que apenas se enuncian contenidos procedimentales en Polimodal, respecto a los indicados en EGB. Considerando que el conjunto de disciplinas conforma el Área y que, en dicho marco, son los procedimientos de cada disciplina los relacionados con el aprendizaje de *procedimientos de investigación del mundo natural* en las distintas Categorías, se evidencia una presencia desigual en la distribución que otorga la disciplina a las distintas categorías.

De la lectura de cada contenido (MCE, 1995, pp.140) se infiere la visión reducida de la *Comunicación* que presentan las disciplinas, ya que sólo se señalan *comunicación de resultados o de información*. Enfoque que no coincide con la postura indicada por el mismo DO respecto a que *la Comunicación no se circunscribe a la comunicación de resultados, sino que atraviesa todo el proceso de construcción de conocimientos*.

Con el objetivo de hacer explícita la línea que marcan los diseñadores curriculares de las disciplinas -sobre todo en lo que respecta al papel de la Comunicación que en este estudio constituye el respaldo en la determinación de la existencia de estrategias de argumentación- se ha transformado la presentación de la información para facilitar el impacto visual. En Gráfico 3.2 se muestra la distribución de procedimientos de cada Categoría, en EGB, surgida del proceso de categorización que se aplicara para identificar cada procedimiento.

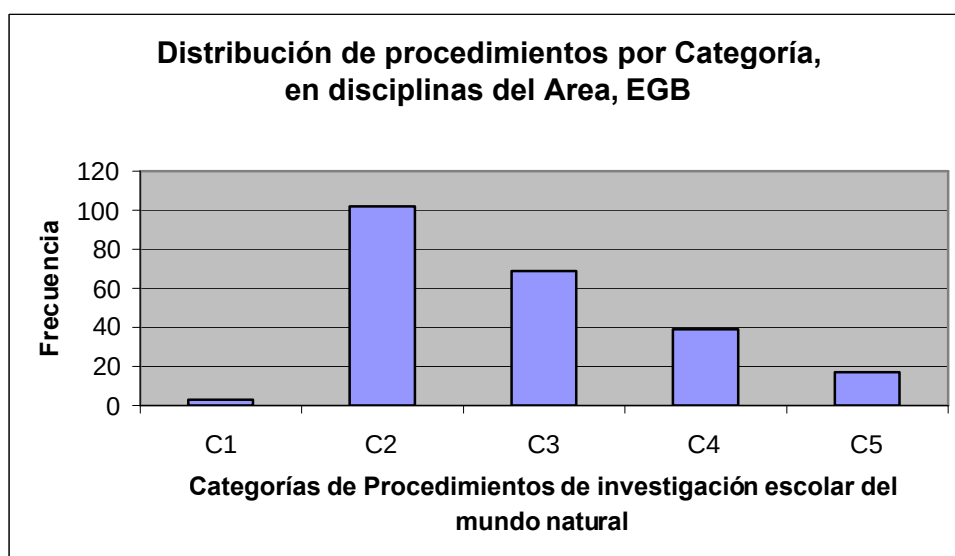


Gráfico 3.2: Distribución de procedimientos disciplinares por Categoría, en EGB

En el Gráfico 3.2 se observa que los diseñadores de las disciplinas indican mayor presencia de procedimientos de categoría C2, a la vez que las categorías C1 y C5 prácticamente tienen nula presencia en las disciplinas del Área, en EGB.

La tendencia distributiva se mantiene en EGB3 (Gráfico 3.3) pero, además, se nota la desaparición de la categoría C1, que se relaciona con problematización de cuestiones, y se acentúa la escasez presencia de contenidos de la comunicación (C5).

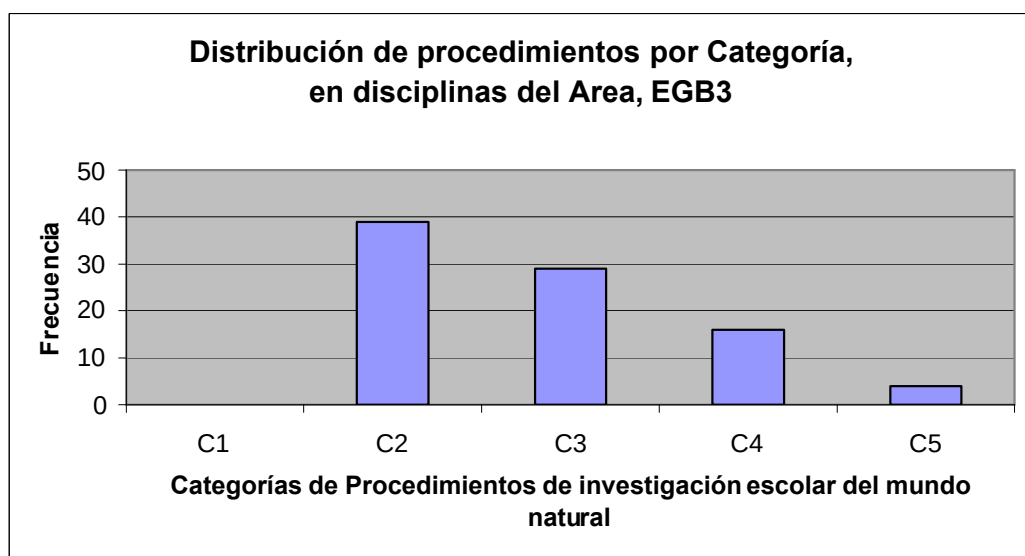


Gráfico 3.3: Distribución de procedimientos por Categoría, en disciplinas del Área, EGB3

Se ha puesto de manifiesto, que la enunciación de procedimientos de Comunicación, se reduce a medida que el nivel educativo avanza de los primeros cursos de EGB a Polimodal. Información relevante si se tiene en cuenta que en relación con EGB3 y Polimodal, en los Capítulos siguientes de la presente memoria, se toman como objeto de estudio el discurso de los libros de texto y del profesorado, que constituyen fuentes principales del conocimiento que forma en ciencias al alumnado, en el marco del currículo vigente.

Si de la información de todas las disciplinas en EGB3, se centra la atención en la de procedimientos de Física en EGB3 (Tabla 3.13), la representación de su distribución por categorías (Gráfico 3.4) evidencia la desaparición de la categoría C5: *Comunicación*.

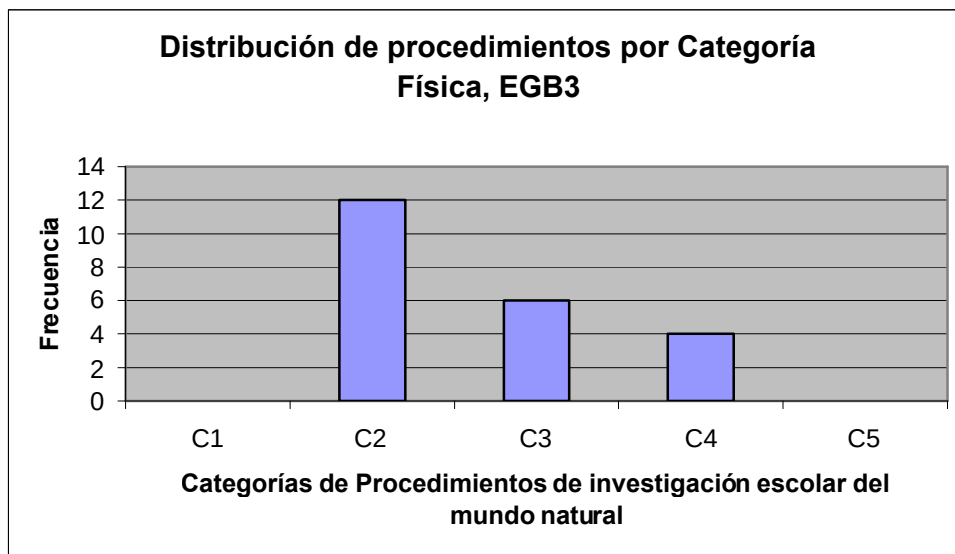


Gráfico 3.4 Distribución de procedimientos por Categoría, en Física, EGB3

Resultaría una simplificación suponer que los especialistas de la Física no tienen en cuenta los procedimientos de Comunicación. Sin embargo, que no los redacten, más que permitir conclusiones, plantea nuevas preguntas sobre la razón por los cuales no aparecen explícitos. Quizás redacten contenidos desde paradigmas ya superados, respecto de lo que significa aprender ciencia; quizás el lenguaje de los pedagogos no sea interpretado o no sea el lenguaje de los diseñadores de la disciplina; quizás de tan incorporados en la práctica de hacer ciencia, los asuman como obvios; entre tantos otros quizás posibles. Dado que el profesorado de ciencias tiene en común con los diseñadores de las disciplinas, haber sido formado en la misma cultura de la disciplina, también queda latente la posibilidad que compartan la visión sobre qué procedimientos enseñar, de no mediar una reflexión didáctica, específica de la disciplina.

A pesar de los planteos que quedan abiertos, el currículo de la disciplina debería orientar al profesorado y a la edición de libros de texto, mediante el aporte de enunciados de procedimientos de todas las categorías o advertir la razón por la cual algunas quedan sin contemplar. De todas maneras, en este estudio el análisis se ajusta a la información enunciada explícitamente, de allí que para la Física de EGB3 y Polimodal el lugar dado a los procedimientos de la categoría de la Comunicación, es nulo.

Se recuerda que, según el apartado anterior, el procedimiento de determinación de estrategias de razonamiento consiste en confrontar los contenidos de C3: *Interpretación de la información* con las destrezas indicadas en el referencial (Tabla 2.6, pp.84). De haber categorizado la totalidad de los procedimientos que se enuncian en las disciplinas del Área, en EGB y Polimodal, ha sido posible identificar aquellos que corresponden a la categoría C3, resultando cincuenta y nueve (59) procedimientos de la categoría C3.

Por encontrarse repetidos los procesos cognitivos, independientemente del contenido conceptual con que lo relaciona el currículo, se aplicó una organización en Grupos (G), *clasificación, comparación, análisis, elaboraciones de modelos y explicaciones, interpretación*, entre otros, que se recogen en la Tabla 3.17, acompañando con ejemplos de enunciados de cada grupo. Los ejemplos son tomados de distintas disciplinas del Área y ciclos de EGB.

Procedimientos de Interpretación de la Información	Ejemplificación Trascripción de contenidos procedimentales de los bloques disciplinares de EGB y Polimodal
Clasificación...	<i>Clasificación de frutos y semillas de acuerdo con características morfológicas observables</i> (B1, EGB1)
Comparación...	<i>Comparación de difracción e interferencia en luz con experiencias análogas en sonido</i> (B2, EGB3)
Elaboración y/o análisis de modelos o explicaciones...	<i>Análisis de modelos históricos de sistema planetario</i> (B2, EGB3)
Análisis de sistemas...	<i>Análisis de sistemas multicomponentes de la vida cotidiana: salmuera, mayonesa, etc.</i> (B3, EGB1)
Análisis y/o interpretación de información...	<i>Interpretación de información periodística sobre fenómenos de contaminación, manifestaciones volcánicas, sísmicas e inundaciones</i> (B4, EGB2)
Análisis y/o interpretación de experimentos o fenómenos...	<i>Interpretación de la caída libre de diferentes objetos</i> (B2, EGB2); <i>Análisis de resultados de experimentos originales de la biología</i> (B1, Polimodal)
Análisis de variables...	<i>Análisis de variables que interviene en el proceso de reproducción de levaduras</i> (B1, EGB2)
Interpretación de gráficos...	<i>Interpretación de gráficos de población</i> (B1, EGB3)
Análisis y/o interpretación de escalas...	<i>Interpretación de escalas de temperatura y traducción de unas a otras</i> (B2, EGB3)
Análisis y/o interpretación de funcionamiento o procesos...	<i>Análisis del funcionamiento de aparatos simples: timbre, parlantes</i> (B2, EGB3); <i>Análisis de funcionamiento de objetos tecnológicos y sistemas naturales que involucran fenómenos térmicos, ondulatorios, etc.</i> (B2, Polimodal)

Tabla 3.17: *Procedimientos de Interpretación de la información (C3), en las disciplinas del Área, EGB y Polimodal*

Dado que estos procedimientos son potencialmente vinculantes con estrategias de razonamiento y argumentación, resulta interesante mostrar la

distribución que el currículo realiza de los mismos en cada disciplina (Tabla 3.18) en 1°/2°/3° ciclos de EGB. A pesar de que en Polimodal se enuncian pocos, igualmente se los deslinda por disciplina. A modo ilustrativo se indica la frecuencia con que aparecen en EGB y en Polimodal.

Procedimientos de Interpretación de la Información	<i>Distribución de procedimientos de C3: Interpretación de la información en disciplinas de del Área en EGB y Polimodal</i>							
	B1 La vida y sus propiedades		B2 El Mundo Físico		B3 Estructura y cambios de la materia		B4 La Tierra y sus cambios	
	EGB	Pol	EGB	Pol	EGB	Pol	EGB	Pol
Clasificación...	2,0,0	0	2,0,0	0	0,0,0	0	2,2,0	0
Comparación...	1,1,0	0	1,0,1	0	2,0,0	0	1,1,0	0
Elaboración y/o análisis de modelos o explicaciones...	1,1,1	0	0,1,1	0	0,0,1	0	0,1,0	0
Análisis de sistemas...	0,0,0	0	0,0,0	0	1,0,0	0	0,0,0	0
Análisis y/o de interpretación de información...	0,0,3	2	0,0,0	1	0,0,0	0	1,3,1	1
Análisis y/o de interpretación de experimentos o fenómenos...	1,0,1	2	0,4,0	0	0,1,3	0	0,0,0	0
Análisis de variables...	0,1,1	0	0,0,0	0	0,0,0	1	0,0,0	0
Interpretación de gráficos...	0,0,1	0	0,1,0	0	0,0,0	0	0,0,0	0
Análisis y/o de interpretación de escalas...	0,0,0	0	0,0,2	0	0,0,0	0	0,0,0	
Análisis y/o de interpretación de funcionamiento o procesos...	0,0,0	0	0,3,2	2	0,2,3	0	0,0,1	1

Tabla 3.18: *Distribución de procedimientos de C3: Interpretación de la información en disciplinas de del Área en EGB y Polimodal*

De la Tabla anterior es posible obtener una visión de la distribución de contenidos de esta categoría C3 de la que se deriva la importancia dada a tales procedimientos en las disciplinas. Por ejemplo, en la disciplina Física en el ciclo, EGB3, se indica *análisis e interpretación del funcionamiento de aparatos tecnológicos o de procesos*, procedimiento que también se señala en Polimodal. También, *elaboración y análisis de modelos o explicaciones*. Pero, llama la atención que respecto de la Física no se indique *análisis e interpretación de sistemas, experimentos o fenómenos*, ni en EGB ni Polimodal.

Del conjunto de los procedimientos disciplinares, en Polimodal, se nota un mayor énfasis en la *Interpretación de la información y los procedimientos de*

análisis, Pero con ausencia del *análisis de sistemas*, procedimiento complejo y pertinente en la alfabetización científica del ciudadano, que brinda sentido al tratamiento de ciertos contenidos de enseñanza, como es el estudio de circuitos eléctricos.

Sin duda los resultados del conjunto de las disciplinas muestran la dispersión de procedimientos y ausencias que se acentúan en algunas disciplinas. Se vuelve a resaltar que, respecto de la Física, ni en EGB ni en Polimodal se plantea enseñar procedimientos de *análisis de sistemas* ni *análisis de variables*. Cuestión a tener en cuenta si la formación inicial y permanente de profesorado parte de suponer que el formador de ciencias cuenta con un bagaje de conocimientos deseables. También es necesario notar la escasa o nula demanda de elaboración de modelos y explicaciones. Cuestiones que evidencian cierta ruptura de concepción didáctica entre lo que se diseña en la disciplina y lo que señalan los marcos teóricos de DO.

Una vez que, sobre el análisis los bloques B1-4, se obtiene los *grupos* (G) de procedimientos de la categoría de *Interpretación de información* enunciados en las disciplinas, por ejemplo de la Física en Tabla 3.13 y 3.14, se determina qué estrategias de razonamiento plantea el currículo en los bloques disciplinares. Aplicada la misma metodología del apartado anterior, contrastando procedimientos de cada Grupo con destrezas del *marco referencial* (Tabla 2.6, pp.84), resulta la categorización de estrategias de razonamiento y argumentación.

Del papel nulo o casi nulo de la *Comunicación* en los bloques disciplinares del DO, se infiere que no hay lugar para las prácticas discursivas (Driver y Newton, 2000). En consecuencia, no siendo posible vincularla con ninguna de las destrezas de argumentación del citado *marco referencial*, la categoría de estrategias de argumentación queda vacía en relación con los procedimientos objeto de estudio de las disciplinas del Área.

En Tabla 3.19, se recoge el resultado de la categorización de estrategias de razonamiento y argumentación en los bloques disciplinares, indicando algunas de las destrezas del marco referencial (por ejemplo: I3, I7,..., D2) que se tomaron como vinculantes en cada caso, para tomar la decisión sobre la implicación de razonamiento inductivo, deductivo o argumentación.

Grupos de Procedimientos de <i>Interpretación de la información</i> de los bloques disciplinares del Área Ciencias Naturales, EGB y Polimodal										
Estrategias	Clasificación...*	Comparación...*	Elaboración y/o análisis de modelos o explicaciones...*	Análisis de sistemas...*	Análisis y/o interpretación de información...**	Análisis y/o interpretación de experimentos o fenómenos...**	Análisis de variables...**	Interpretación de gráficos...*	Análisis y/o interpretación de escalas...**	Análisis y/o interpretación de funcionamiento o procesos...*
Razonamiento Inductivo	I3	I3	I4 I6	I3 I5 I8	I3 I4 I7	I1	I2	I2 I4	I2 I3x	I3 I4 I5 I7
Razonamiento Deductivo				D1 D2	D2			D1 D2		D2
Argumentación	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
*: sólo de EGB; **: de EGB y Polimodal										

Tabla 3.19: Presencia de Estrategia de razonamiento y/o argumentación, en los procedimientos de las disciplinas del Área, EGB y Polimodal

La Tabla 3.19 muestra el resultado que surge del análisis interpretativo, los diseñadores de los bloques disciplinares del currículo vigente de EGB y Polimodal proponen el aprendizaje de las disciplinas del Área de Ciencias poniendo énfasis en el razonamiento inductivo y en algunos casos deductivo. La ausencia de procedimientos de *Comunicación* determina la ausencia de estrategias de argumentación en las disciplinas.

El bajo número de destrezas incluidas en las estrategias de razonamiento deductivo, tanto en el *Bloque 5* como en los disciplinares, podría indicar poco énfasis en enseñar a razonar a partir de hipótesis y modelos. La ausencia en las clases de ciencias del aprendizaje del razonamiento deductivo implicaría no dar oportunidades a los estudiantes para el desarrollo de ciertas destrezas necesarias a la hora de *tomar decisiones en base a argumentos* como se solicita en Polimodal. Es relevante la diferencia en la forma de redactar los contenidos en las partes analizadas. Mientras en el *Bloque 5* se evidencia una redacción pedagógica de lo que se debe *saber hacer* (Tablas 3.10), en los bloques disciplinares simplemente se enuncian operaciones cognitivas aplicadas sobre un contenido conceptual (Tabla 3.17). Por otra parte, en los bloques disciplinares una

misma operación cognitiva (por Ej.: *análisis*) se solicita en distintos ciclos de EGB, sin que surja con qué profundidad se debe aprender en cada uno. En cambio, en el *Bloque 5*, los contenidos procedimentales hacen explícita la gradación en el aprendizaje (Ej. 1.a; 2.a; 3.a, Tabla 3.10) de modo tal que no hay repetición, sino un camino de progreso hacia su logro (Ej. 4.a, Tabla 3.10).

Hay que destacar que en los bloques disciplinares de EGB, ningún contenido procedimental pone en activo el contenido 3.a (Tabla 3.10) el cual, según interpretamos, expresa el nivel de argumentación con que un alumno debería egresar de este nivel de educación obligatoria. Esto constituye un obstáculo para el aprendizaje gradual de prácticas discursivas que, según surge del *Bloque 5*, supone muchos años de ciencia escolar para su logro y deberían estar aprendidos al egresar de Polimodal.

La comparación de los resultados recogidos en las Tablas 3.12 y 3.19, pone de manifiesto los diferentes puntos de vista respecto al razonamiento y a la argumentación que coexisten en el currículo vigente de Ciencias Naturales. Mientras los especialistas de perfil pedagógico que diseñan el bloque específico de procedimientos proponen aprender a *razonar tanto individual como colectivamente* en marco de *confrontación* que requiere de *argumentos*, planteando el aprendizaje gradual de las estrategias de razonamientos y argumentación con visión propedéutica, los especialistas con perfil disciplinar diseñan un currículo donde el conocimiento de la ciencia escolar se aprende aplicando el razonamiento, preferentemente inductivo y con nula interacción comunicativa.

Los especialistas que redactan los procedimientos generales de investigación escolar, fomentan el aprendizaje de destrezas de argumentación; en cambio los que redactan los bloques disciplinares proponen procedimientos que reflejan prácticas que reflejan visiones positivistas.

3.2. Conclusiones e implicaciones

3.2.1. Sobre el tema investigado

Aprender a argumentar en ciencias, es un **Propósito explícito** por el que se incorporan los contenidos procedimentales en el currículo y, sin duda, guía la redacción del *Bloque 5*, específico de los *Procedimientos*. Sin embargo, según resultados del presente estudio, los bloques disciplinares del mismo currículo, no lo tienen en cuenta.

Los contenidos procedimentales del currículo de ciencias vigente, reflejan la práctica de visiones epistemológicas diferentes. Mientras los redactores con perfil de la pedagogía, proponen **procedimientos del Área, Bloque 5**, que **fomentan el aprendizaje de estrategias de razonamiento y de argumentación** en todos los niveles de enseñanza investigados, los especialistas de **las disciplinas proponen prácticas de razonamiento inductivo** y olvidan la creación de contextos propicios para la argumentación.

La falta de relación entre los contenidos procedimentales de las distintas partes de un mismo currículo (Tablas 3.11 y 3.17), que según fuentes oficiales se elaboró a partir de discusiones entre especialistas, parecería mostrar que los procedimientos generales indicados para el Área, o han sido ignorados, o no ha sido posible su transposición por los especialistas disciplinares cuando redactaron los contenidos procedimentales o bien podría ser que éstos especialistas no los explicitaran por considerarlos casi obvios en la práctica científica. Parece que el discurso pedagógico y el discurso de la disciplina coexisten en un mismo currículo de ciencias sin que existan acuerdos sobre los procedimientos de la ciencia escolar. Los resultados de esta transposición ponen en evidencia la dificultad que podría representar para el profesorado y libros de texto a la hora de enunciar contenidos procedimentales a partir de los señalamientos del DO. En definitiva, los marcos teóricos expresan claramente los propósitos, lineamientos didácticos y contenidos generales; pero otra cuestión es transponerlos a la disciplina, en cada nivel educativo.

El aprendizaje de las ciencias, justamente en la parte procedimental que se transcribe en los documentos provinciales, es propuesto por los especialistas

disciplinares como un proceso callado e individual y el razonamiento se concibe como una construcción individual organizada sobre un patrón de razonamiento inductivo. Resulta relevante conocer esta visión de los redactores de las disciplinas del currículo, quienes proponen aprender ciencias casi sin *hablar ciencias*, y esta visión puede constituir criterio para el profesorado de ciencias a la hora de diseñar su proyecto de aula. No debería olvidarse que sin un contexto de negociación social y de cambio actitudinal (Duschl, 1995), el alumnado no tendrá oportunidad para realizar prácticas discursivas que fomenten la argumentación.

Parece que el término discurso tiene diferentes significados en función del soporte en el que se hace explícito y del escenario en el que se produce: puede ser escrito u oral e individual o colectivo. Esto no es de extrañar pues en la propia área de Didáctica de las Ciencias se está produciendo esta *polisemia* (Driver y Newton, 2000; Jiménez, 2001; Yore, 2001).

A su vez es destacable que los marcos didácticos del área de Ciencias Naturales, en documentos nacionales y provinciales, consideran que es importante que las estrategias didácticas se orienten hacia la utilización de *situaciones problemáticas significativas donde el alumno tenga oportunidad de confrontar ideas involucrado en un proceso de indagación como trabajo grupal*. Perspectiva que se acentúa en los documentos más recientes de Polimodal y de la nueva Secundaria. Hay coincidencia respecto que la cuestión de la transformación de energía eléctrica es un fenómeno relacionado con problemáticas significativas, de valor para que el alumnado realice indagaciones y ponga en práctica estrategias de razonamiento y argumentación.

Sin duda que aprender ciencias en forma cooperativa a partir de situaciones problemáticas significativas, constituye un ámbito propicio para la comunicación y discusión sobre cuestiones de ciencia. Sería importante que el enunciado de procedimientos fomentase su logro.

Si bien la redacción de los procedimientos de la disciplina, del currículo vigente, muestran la deficiencia de no contemplar la totalidad de las categorías procedimentales, perdiendo en la redacción las estrategias de argumentación que señala el marco general del Área. Es deseable que los nuevos cambios curriculares tomen el desafío de mejorarlos, en vez de tender a *barrer literalmente*

los procedimientos (Perales Palacios, 2007) como ha sucedido con los Decretos Mínimos de Ciencias de la reforma educativa de España, país donde la gestión educativa oficial de la Argentina suele buscar inspiración a la hora de redactar nuevos currículos. Es oportuno orientar al profesorado y a las ediciones de libros de textos en la interpretación de los marcos teóricos, de modo notar la necesidad de enseñar estrategias de razonamiento y de argumentación. Se ha notado, que aunque estén explícitos de manera general, hasta a los mismos diseñadores de las disciplinas se les escapa de la explicitación específica, problemática del currículo vigente que habría que enfrentar, tal como indica Perales Palacios (2003) para las reformas del sistema educativo español, *valorando logros y fracasos, en vez de volver la mirada atrás*.

3.2.2. Sobre el instrumento utilizado

En este estudio, el *marco referencial* (Tabla 2.6, pp.84) diseñado, constituyó una herramienta útil, ya que permitió evaluar los contenidos procedimentales respecto al razonamiento y a la argumentación. Durante ese proceso de evaluación de las destrezas implicadas en la argumentación, cumplió un papel relevante el campo social y de comunicación (Duschl, 1995), a través del cual se reflejaron visiones epistemológicas que fomentan o no las prácticas discursivas en el aula de ciencias.

El proceso de vaciado de los contenidos procedimentales, facilitó la extracción y categorización de contenidos que implican destrezas de razonamiento y de argumentación.

3.3.3. Implicaciones en la enseñanza

Constituyendo el currículo oficial un material de referencia para instituciones, profesorado y edición de libros de texto, se destaca la problemática que representa encontrar dos visiones diferentes sobre el lugar que ocupa el razonamiento y la argumentación en los documentos oficiales. De no existir una reflexión profunda sobre la cuestión, para el profesorado será más económico, intelectual y profesionalmente, utilizar la visión positivista dado que la visión

constructivista implicaría no sólo cambio y ruptura epistemológica, sino además que el profesorado aprenda y enseñe estrategias intelectuales que tradicionalmente se consideraron de evolución natural.

En el currículo de Formación de Profesores de Ciencias, parece que se consideran aprendidas las estrategias señaladas en el currículo de EGB y Polimodal. Sería conveniente que en la Formación de Profesorado se potencie el aprendizaje del razonamiento y de la argumentación sin el supuesto previo, posiblemente no acertado, que deberían ser estrategias ya aprendidas. Implica un desafío para el profesorado de las didácticas específicas, colaborar para que en el aula de ciencias sea posible la integración entre los contenidos procedimentales enunciados en el *Bloque 5* y aquellos de las disciplinas, recordando que el conocimiento conceptual específico es un factor determinante en la eficacia para el uso de estrategias de razonamiento y de argumentación (Álvarez y col., 1998; Jiménez, 1998).

En tiempo de cambios educativos con continuidad y frente al creciente énfasis que los currículos oficiales ponen en los contenidos conceptuales, en particular se ha visto en la Física, se debería tener en cuenta la necesidad de integrarlos con los contenidos procedimentales y actitudinales en el proceso de enseñanza y aprendizaje de las Ciencias, lo cual representa un verdadero desafío para la Didáctica de las Ciencias y la formación de profesorado. Señala el marco legal (MCE, 1997b, pp. 147) que ***las estrategias de investigación y los procedimientos implicados en ellas son contenidos que suelen estar prácticamente ausentes en la formación docente, y esta carencia resulta un obstáculo serio pues los docentes no pueden enseñar aquello que no han aprendido.***

3.3 Contrastación de la Hipótesis de Trabajo 1

El currículo oficial es el resultado del conjunto de aportaciones de diseñadores curriculares de la pedagogía y de las disciplinas. Según los marcos teóricos y los procedimientos investigados en el bloque específico de *procedimientos generales del Área (Bloque 5)* y en los *bloques disciplinares*

(Bloques 1-4) de los CBC, de los distintos niveles de enseñanza, se está en condiciones de *confirmar la HT1 para los procedimientos generales del Área redactados por especialistas de la pedagogía*, pero no para la transposición que realizan los especialistas de las disciplinas.

El currículo oficial emanado de la reforma señala que el alumnado debe aprender estrategias de argumentación para la resolución de problemas reales planteados como pequeñas investigaciones

CAPÍTULO 4

CONTRASTE DE LA HIPÓTESIS 2: PERFIL ARGUMENTATIVO DE LOS LIBROS DE TEXTOS

En el presente Capítulo se realiza el proceso de investigación de la Hipótesis de Trabajo 2, la cual se refiere al Perfil Argumentativo de los Libros de Texto. En el capítulo 1 se formuló la HT2 de la siguiente manera:

La práctica totalidad de los libros de texto de la muestra investigada no utilizan estrategias de argumentación para la resolución del problema planteado. En aquellos casos que sí lo hacen, los argumentos que se construyen no conducen a la interpretación del fenómeno real.

El proceso de contraste de la HT2 se realiza mediante las siguientes etapas:

4.1. Análisis del discurso sobre el tratamiento del fenómeno, conceptos claves, leyes y actividades en relación con el mismo.

4.1.1. Análisis de cómo los libros de texto argumentan sobre el fenómeno de transformación de la energía eléctrica en una resistencia óhmica. De aquí se espera que sea posible identificar qué conceptos y leyes se utilizan en el tratamiento del tema.

4.1.2. Se extiende el análisis al discurso utilizado al desarrollar los conceptos claves y leyes para la explicación del fenómeno. Esto permite poner en evidencia aquellos argumentos que se utilizan para la construcción del conocimiento clave para la explicación del fenómeno y posteriormente analizar

desde el punto de vista de qué conocimiento utilizan y cómo lo utilizan en la construcción de estrategias de argumentación.

4.1.3. Análisis de las actividades propuestas acerca del fenómeno para determinar si son similares al problema *auténtico* planteado.

4.2. Se estudian *episodios* de construcción de argumentos utilizando como herramienta de análisis el Patrón argumentativo de Toulmin. Los resultados de este análisis proporcionan elementos para establecer qué estrategias de argumentación brinda cada uno de los textos en relación con el argumento referencial elaborado para esta investigación.

4.3. Se elaboran las conclusiones respecto a la HT2 en relación con los perfiles argumentativos de los libros de textos, de la muestra investigada.

4.4. Se contrasta la Hipótesis 2.

4.1. Análisis del discurso sobre tratamiento, conceptos claves, leyes y actividades en relación con el fenómeno

La argumentación sobre el problema auténtico planteado acerca del fenómeno de transformación de energía eléctrica en una resistencia óhmica, según se pone de manifiesto en el referencial de investigación (apartado 2.3.2, pp.88), requiere de la utilización de conocimientos científicos básicos, tales como la potencia eléctrica, ley de Ohm y relación de la resistencia con sus dimensiones. Además algunos conceptos del campo de la electricidad, tales como diferencia de potencial, intensidad de corriente, entre otros, son claves para analizar e interpretar el fenómeno.

El tratamiento experimental de los datos se realiza a partir del *vaciado* del discurso de doce textos, de la muestra investigada, que se identifican bajo código E8,...AS,...PP (Tabla 2.2, pp.64). Esta bibliografía es la recomendada por el profesorado de la muestra investigada, para que los estudiantes de 12 a 17 años, franja que corresponde a la nueva Educación Secundaria, utilicen como libros de consulta. Es importante recordar los cambios que aquella ha tenido y se proponen en el futuro inmediato (Tabla 2.1, pp.61).

En los diferentes apartados del capítulo, se presentan los resultados del análisis. En primer lugar de los textos de Educación Secundaria Básica (ESB), 12 a 14 años, equivalente a Tercer Ciclo de Educación General Básica (EGB3),

seguidamente los textos de Educación Secundaria Polimodal (ESP), 15 a 17 años, equivalente a Educación Polimodal de la Reforma. En adelante los denominaremos *Textos ESB* y *Textos ESP*, en éste último se distinguen los *Textos de la edición anterior* y los de la edición durante Reforma.

En cada apartado se incluyen episodios relevantes del discurso de la totalidad de los textos de la muestra, con el objeto de hacer explícito el tratamiento.

4.1.1. Análisis del tratamiento del fenómeno de transformación de la energía. Su institucionalización

La argumentación sobre el *problema auténtico* planteado acerca del fenómeno de transformación de energía eléctrica en una resistencia óhmica, según referencial de investigación (apartado 2.3.2, pp.88), requiere activar conocimientos científicos básicos, leyes, conceptos claves, ya indicados al inicio del apartado 4.1. Respecto a ellos, resulta relevante tener en cuenta ideas y dificultades de aprendizaje de los estudiantes que la investigación educativa ha puesto de manifiesto en relación con el estudio de circuitos eléctricos. Pozo y Crespo (1998) aportan aspectos del razonamiento y marco teórico del alumnado, desde el cual da sentido al conocimiento que consulta en fuentes escolares, en este caso los libros de texto.

Con relación al tratamiento del fenómeno de transformación de energía eléctrica en una resistencia, los mencionados autores señalan, que el estudiantado tiene dificultad respecto a aceptar que el circuito sea un **sistema de interacción en el que cualquier cambio afecta globalmente a todo el circuito.**

...la familiaridad que el alumno tiene con el manejo de todo tipo de aparatos eléctricos, el conocimiento de su funcionamiento y el bombardeo de información que recibe por diversos medios ayudan a que el alumno asuma unas determinadas creencias sobre el comportamiento eléctrico de la materia. Ello lleva a que, frente a ideas de múltiples interacciones dentro del sistema formado por el aparato, el generador y los cables conductores, se oponga un razonamiento causal simple en el que siempre hay un agente necesario para que se produzca un cambio... (pp.243).

Algunas de esas relaciones causales en las que los estudiantes basan sus teorías sobre la electricidad, se etiquetan como evidencia de **causalidad lineal y unidireccional.**

...La electricidad es el agente que hace funcionar el aparato; Es necesario algo que ayude a transportar y canalice la electricidad: los cables; Basta con un solo conductor (cable) para que la electricidad llegue al aparato; Al ir pasando por distintos aparatos, la electricidad (el agente) se va gastando (pp.244).

Sobre la comprensión de la conservación en los circuitos eléctricos, seleccionan el ejemplo de una *bombilla a la que se conecta una pila*.

En la bombilla se produce un aumento de temperatura en el filamento lo que hace que emita energía hacia el exterior y nos ilumine. En todo el proceso la cantidad de energía presente en el sistema formado por la pila, la bombilla y la habitación es constante, se conserva. Además los electrones se mueven por el circuito en un ciclo cerrado, lo que hace que siempre haya el mismo número de ellos y por tanto se conserve la carga. Comprender la conservación de la energía y de la carga es una condición necesaria para entender como funciona un circuito eléctrico..

Indican que *los alumnos no lo comprenden*.

.. Junto al problema de la interacción -corriente eléctrica como sustancia y necesidad de manguera para transporte de electricidad de pila a bombilla-...se superponen las dificultades para comprender las conservaciones no observables de la materia dentro de un sistema. Los alumnos interpretan que los cables transportan electricidad desde la pila hasta la bombilla, donde se consume (pp.248-249).

En relación con la *institucionalización*, Pozo y Crespo (1998) indican la dificultad que tienen los estudiantes de educación secundaria para comprender e interpretar la ley de Joule. Ponen énfasis en el problema de la idea de la conservación.

*...En el estudio de los circuitos eléctricos, las interpretaciones de los alumnos vuelven a estar basadas en la percepción que tienen del problema. Vuelve a ser determinante la **tendencia a fijar su atención en lo que cambia y no en lo que permanece**. Esta tendencia a centrarse en los cambios y no en los estados supone una limitación importante para comprender las conservaciones y los estado de equilibrio necesarios también para interpretar lo que ocurre en un circuito. Los alumnos ven que, cuando se enciende una linterna, luce e ilumina su entorno, pero poco a poco, con el tiempo, **la intensidad luminosa va descendiendo hasta que al final acaba por apagarse**. Lo mismo ocurre...con la radio que cada vez suena más baja hasta que no se oye nada. En todos estos casos...**la observación que hace es que en los distintos aparatos se consume algo que habitualmente se llama “electricidad”**. Además sabe que ese algo **se almacena en la pila y por eso es necesario reponerla**. El fenómeno es fácilmente asimilable en términos energéticos, el **alumno puede aceptar muy fácilmente que lo que se consume es “energía”**, otra forma de llamar a esa “sustancia” o “combustible”...(pp.251).*

Respecto al problema cuantitativo,

*...una de las expresiones más sencillas, aplicada a una resistencia se presentaría como $\Delta E = I^2 \cdot R \cdot \Delta t$ que expresa el intercambio energético que tiene lugar en una resistencia en función de la intensidad de corriente, el valor de la resistencia y el tiempo durante el cual está funcionando. Vuelven a aparecer relaciones de proporcionalidad directa entre la energía y el resto de las variables. Los **problemas fundamentales** que los alumnos van a encontrar, desde el punto de vista **de la proporcionalidad**,... van a estar relacionados con la **interdependencia entre más de dos variables**. Los estudiantes encuentran muchas dificultades para comprender esta dependencia múltiple, si no se fija previamente alguna de las variables.*

*...los alumnos son capaces de utilizarla prácticamente sin dificultades a la hora de hacer cálculos...pero van a encontrar problemas a la hora de interpretar las relaciones cuantitativas entre las distintas variables implicadas. Es decir el éxito en **los cálculos en ejercicios numéricos no garantiza la comprensión de las leyes cuantitativas de los circuitos eléctricos**.*

...Si además tenemos en cuenta que la mayoría de los libros de texto más utilizados, y por tanto es previsible que muchos profesores, fomentan un tratamiento puramente numérico, que no cuantitativo, bastante alejado de los mecanismos explicativos de lo que ocurre en un circuito, probablemente estemos estableciendo unas bases que dificultan la comprensión de lo que en realidad son los circuitos eléctricos.

4.1.1.a Textos ESB

4.1.1.a.1 Tratamiento del fenómeno

Los textos de ESB tratan el fenómeno de la transformación de energía eléctrica en una resistencia, utilizando discursos, que de su simple lectura evidencian puntos comunes con las dificultades de aprendizaje señaladas por Pozo y Crespo, instalando desde el ámbito escolar la idea de un proceso de *pérdida* de energía, que ocurre en ciertos artefactos, como por ejemplo la *estufa eléctrica*.

Libro E8

*Cuando la corriente eléctrica encuentra resistencia, **pierde parte de su energía**, lo que hace que **la corriente disminuya**. Esa **energía que la corriente eléctrica pierde al detenerse por causa de la resistencia** se puede transformar en calor que calienta el material por donde pasa (algo muy parecido sucede con los frenos de las bicicletas y de los autos: también se calientan cuando la rueda se frena (pp.106)...la energía eléctrica puede convertirse en calor. Por ej.: en la estufa eléctrica (pp.128).*

Libro S8

*La **corriente eléctrica transporta una forma de energía**: la energía eléctrica. Esta energía es transformada en otros tipos de energía por los aparatos que funcionan con la electricidad... Por ejemplo la **estufa** la transforma en energía térmica (pp.57).*

Libro E9

*Según señalamos al hablar de la resistencia eléctrica, las **cargas chocan contra los átomos del material**. Cuando lo hacen, **pierden energía**, que se convertirá en calor: es lo que sucede en una estufa eléctrica...las pérdidas de calor significan pérdidas de energía eléctrica...para evitar las pérdidas de energía, la electricidad se transmite con voltajes muy elevados y corrientes pequeñas: una reducida cantidad de cargas que circula a gran velocidad (pp.67).*

Libro S9

*Cuando las **cargas eléctricas se mueven a través de un artefacto, van perdiendo energía cinética** al chocar contra los átomos del material. Esta energía se transforma en calor (pp.76).*

Libro P9

*En algunos casos, los resistores son simplemente alambres de aleaciones especiales de **alta resistencia eléctrica**, como los empleados en una **estufa eléctrica**, y su **función es emitir calor** cuando pasa una corriente eléctrica por él (pp.210).*

Las lámparas eléctricas...producen calor cuando circula corriente por su filamento...Eso se debe a que los electrones que forman la corriente eléctrica chocan contra los átomos del metal del filamento. Al igual que cuando golpeamos o frotamos nuestras manos entre sí, estos choques producen calor...Cuando una corriente eléctrica circula por un conductor genera calor (pp.224).

La bibliografía analizada, sostiene que el fenómeno ocurre debido a interacciones de *choque* entre electrones o cargas de la corriente eléctrica con los átomos del material que forma la resistencia.

La representación del fenómeno se construye recurriendo a analogías tomadas del campo de la mecánica, por ejemplo el *calentamiento en los frenos de bicicletas o en las manos al frotarlas* que remiten a acciones de rozamiento mecánico. En esta estrategia de argumentación sobre idea de *choques y analogías*, no se evidencian las limitaciones de aplicación de tales analogías. Entonces, algunos textos dejan la idea de *choque* asociado a las acciones del campo de la mecánica, lo cual podría representar un obstáculo a la hora de interpretar el fenómeno desde interacciones no mecánicas como son las interacciones entre cargas e iones.

El fenómeno resulta característico de la función que cumple la resistencia eléctrica en un circuito. Respecto al uso del término resistencia, se identifica una polisemia -como elemento del circuito, acción en relación con la corriente eléctrica o como una magnitud- situación que hace compleja la interpretación del discurso pues la información de la fuente de consulta se aplica en forma indistinta, aún en un mismo párrafo.

Algunos textos, del vigente 8vo. o su equivalente 2do. ESB, introducen el fenómeno sobre la idea de corriente eléctrica como transportadora de energía eléctrica. Luego esa energía eléctrica se transforma o pierde en energía térmica, por ejemplo en la estufa eléctrica.

Más adelante textos de 9no. o su equivalente 3ero. ESB, presentan la resistencia como causa del fenómeno de calentamiento donde se *pierde* o transforma la energía cinética *de las cargas* de la corriente eléctrica que chocan con los átomos del material de la resistencia. Esta idea alternativa sobre pérdida

de energía resulta coherente con la concepción también alternativa de corriente eléctrica desde un modelo de consumo o *atenuación* (Pontes y de Pro, 2001).

En la Tabla 4.1, se indican algunos resultados relevantes del análisis, sobre el tratamiento que los Textos ESB realizan sobre el fenómeno motivo de estudio. Todos ellos lo tratan, se toma la estufa como ejemplo y se ponen de manifiesto ideas sobre procesos de interacción e intercambio energético, el papel que cumple la resistencia y la corriente eléctrica en los mismos.

Textos ESB (12 a 14 años)					
Transformación de energía en una resistencia: Conocimientos utilizados y su concepción					
Textos	Analogía	Conceptualización			
		Resistencia	Corriente eléctrica	Interacción	Intercambio energético <i>La energía se...</i>
E8	Calentamiento en frenos	<i>Causa</i> del calentamiento Elemento de circuito	Lleva energía eléctrica; <i>Disminuye o detiene</i> por causa de R		<i>pierde/ transforma en calor</i>
S8			Transporta energía eléctrica		<i>transforma en energía térmica</i>
E9		<i>Causa</i> del calentamiento Elemento de circuito	Cargas <i>llevan o tienen</i> energía eléctrica	Choques carga/átomo	<i>pierde/ convierte en calor</i>
S9		<i>Causa</i> del calentamiento Elemento de circuito	Cargas <i>tienen</i> energía cinética	Choques carga/átomo	<i>pierde/ transforma en calor</i>
P9	Golpe/ frotar superficies	<i>Causa</i> del calentamiento Elemento de circuito Magnitud (alta);		Choques electrón/átomo	<i>Genera calor</i>

Tabla 4.1: Conocimientos utilizados en el tratamiento de la transformación de energía en una resistencia, en Textos ESB

Se ha puesto de manifiesto (Tabla 4.1) el tratamiento dado por los Textos ESB, recurriendo a analogías de frenado o frotamiento y a la consideración de la resistencia como *causa* del calentamiento. Además, en un caso (P9), se hace explícito que el fenómeno se relaciona directamente con una mayor resistencia.

Excepto P9, el resto sostiene que las cargas en movimiento llevan, tienen o transportan energía eléctrica (E8, S8 y E9) o energía cinética (S9), conceptualizan el intercambio energético en términos de *pérdida* de energía y transformación o conversión en *calor* (E9 y S9) o *generación de calor* (P9). El intercambio energético se concibe causado por la interacción, en términos de *choque*, entre cargas o electrones con átomos del material.

En resumen, el análisis realizado muestra que el tratamiento del fenómeno es un contenido tratado por los textos ESB (12 a 14 años), siendo la estufa el ejemplo más habitual elegido por la literatura escolar motivo de investigación. Se aborda el fenómeno utilizando la resistencia como *causa* de que la energía transportada o llevada por las cargas eléctricas se transforme en calor mediante un proceso de interacción mecánica entre partículas.

4.1.1.a.2 Institucionalización

A pesar de que el fenómeno es tratado en curso anterior, en 3ro. ESB se lo *institucionaliza* (Brousseau, 1988), como Efecto o Ley de Joule. Dos de los textos lo hacen como Efecto y el restante como Ley de Joule, independientemente de ello, presentan inicialmente el fenómeno asociado con la *corriente eléctrica* y una cierta capacidad que tiene ésta para *generar calor* al circular por una resistencia.

Libro E9

Ley de Joule: *la cantidad de calor disipada por un conductor en una unidad de tiempo (un segundo, por ejemplo) es directamente proporcional al producto de la resistencia de ese conductor por el cuadrado de la corriente que circula...Verificación en caso concreto: Si, en un conductor que con una determinada corriente disipa 10 unidades de calor por segundo, se aumenta la corriente al doble, disipará 40 unidades de calor por segundo...Como la ley de Joule indica, las pérdidas son proporcionales al cuadrado de la corriente que circula: en consecuencia, con corrientes pequeñas, las pérdidas por calor resultan considerablemente menores* (pp.67).

Libro S9

La capacidad de una corriente eléctrica de generar calor se conoce como efecto Joule. *Efecto deseable por ejemplo en estufas y secadores de pelo...El efecto Joule depende de la forma geométrica que se le dé al conductor, por ejemplo el delgado filamento de una lámpara de luz y se aprovecha, por ejemplo, para conseguir que el delgado filamento de una lamparita emita luz* (pp.76).

Libro P9

La producción de calor por una corriente eléctrica se denomina efecto Joule... *Aplicaciones del efecto Joule. Ej. La plancha: la corriente eléctrica que llega a la plancha pasa por una resistencia que dificulta su avance y genera el intenso calor que es aprovechado para alisar la ropa...Siempre que circula una corriente eléctrica por un conductor se produce calor...Se incrementa empleando resistores, como en la plancha, las estufas, las tostadoras* (pp.224).
...La corriente eléctrica puede producir diferentes efectos. *Cada uno de estos efectos tiene su inverso, Ej: Efecto térmico... directo: Efecto Joule (corriente eléctrica...calor. Usos: fusibles, estufa eléctrica)...Inverso: calor...corriente eléctrica. Usos: termómetros, válvulas de seguridad* (pp.239).

Al cuantificar el fenómeno, E9 utiliza el término cantidad de calor (Q) racionándolo con la resistencia y la *corriente* -nótese que se utiliza el término

corriente en vez de intensidad de corriente eléctrica- que circula. Los otros lo relacionan directamente con la magnitud de la resistencia o con sus dimensiones geométricas, orientadas éstas a que el valor de la resistencia sea alto.

E9 ejemplifica la relación entre la variación del valor de la *corriente eléctrica* y la variación de la cantidad de calor (Q) desde un punto de vista matemático, pero no se encuentran razones que contribuyan a la comprensión de esa relación desde el punto de vista físico. Como consecuencia, respecto al proceso que tiene lugar en el circuito eléctrico tomado como sistema al variar la intensidad de corriente en relación con el fenómeno de transformación de energía, no se encuentra un tratamiento integral de la variación del intercambio energético, teniendo en cuenta que resistencia e intensidad de corrientes se relacionan entre sí.

El Efecto Joule, se presenta relacionado estrechamente con la circulación de corriente eléctrica. Pero en el momento de cuantificarlo se centra la cuestión en la variación de R sin que se ponga en evidencia que esta variación implica también variaciones de intensidad de corriente (I), asociada a la velocidad de arrastre (v_d) de los electrones en movimiento y a la variación de energía cinética en condiciones de ser transformada.

La cuantificación del fenómeno, presenta el obstáculo ya expuesto del lenguaje utilizado en términos de *corriente eléctrica* cuando corresponde hacerlo como intensidad de corriente. De manera que en la institucionalización del fenómeno se cambia el centro de la cuestión tal que el Efecto Joule se transforma en el discurso quedando relacionado con la variación de R, variable cuantificada en reiteradas ocasiones en el texto.

El no abordar el comportamiento del circuito como sistema que cambia, donde R e I tienen interdependencia, conduce a que se pueda atribuir a la intensidad de corriente un valor constante. Llama la atención que no aparezca ninguna mención a la diferencia de potencial aplicada al circuito, concepto clave, y sí constante, para la interpretación del proceso de transformación de energía en un circuito.

Es importante notar el riesgo que representa para el aprendizaje que P9 plantee, con respecto al proceso *corriente eléctrica-calor*, la existencia del inverso. Con ligereza, se confunde un fenómeno que se aplica para la

construcción de algunos termómetros con el objeto de medir la diferencia de temperatura en ciertos materiales, con el enunciado alternativo que *el calor produce corriente eléctrica*. Si el fenómeno en estudio tuviera un proceso reversible, habría que reflexionar sobre qué lugar tiene entonces el énfasis dado en el nuevo currículo sobre el estudio de la *degradación* de la energía. En Tabla 4.2 se muestran algunas características relevantes de la institucionalización del fenómeno en estudio, en textos de ESB (12 a 14 años).

Textos ESB (12 a 14 años)					
Institucionalización del fenómeno					
Textos	Denominación	Elementos cognitivos			Relación
		Calor	Corriente eléctrica	R	
E9	Ley de Joule	Cantidad de calor, Q $Q \propto corriente^2 \cdot R$	magnitud	magnitud	$Q \propto R$ $Q \propto corriente^2$
S9	Efecto Joule	Generado por corriente	Capacidad de generar calor	Elemento de circuito	Sección <; R >; Efecto >
P9	Efecto Joule	Producido por corriente	Produce el efecto	Elemento de circuito	R>; Efecto>

Tabla 4.2: Institucionalización del fenómeno, en Textos de ESB

De Tabla 4.2, se infiere que dos textos denominan Efecto Joule (S9 y P9) al fenómeno producido por la circulación de corriente eléctrica en una resistencia. Si bien no aparecen formulaciones para cuantificar el efecto de calentamiento, el discurso utilizado conduce a relacionar mayor resistencia con mayor efecto. Uno de ellos (E9) avanza en la presentación de la Ley de Joule, donde es posible cuantificar la *cantidad de calor* (Q) en relación *proporcional* con la resistencia y la intensidad de corriente eléctrica, tratadas desde el punto de vista de magnitudes.

A pesar que la expresión $Q \propto I^2 \cdot R$ tiene respaldo en la Ley de Ohm, el análisis pone en evidencia que se utiliza el siguiente razonamiento: por un lado Q en relación con R y por otro Q en relación con I, sin que se tenga en cuenta que cualquier variación de R implica variación de I. Por lo tanto el razonamiento por separado resulta una mera simplificación de la situación.

Resultado del análisis del discurso se ha puesto en evidencia el Efecto de la corriente eléctrica. Además que el discurso se transforma en una relación que resalta la función de la resistencia en el fenómeno.

En la formulación de la Ley de Joule se nota que el discurso evita la complejidad de razonar simultáneamente en forma directamente proporcional, sobre dos variables inversamente proporcionales entre sí.

4.1.1.b Textos ESP

4.1.1.b.1 Tratamiento del fenómeno

En textos de edición anterior

La totalidad de la bibliografía del ciclo superior del ex Secundario trata el fenómeno partiendo, en la mayoría de los casos, de identificar el fenómeno del Efecto Joule con la transformación energética en la resistencia de artefactos eléctricos, por ejemplo la estufa. Además se utiliza un razonamiento utilizando analogías tales como *frenado* (ZS) o *tránsito en una calle* (AS) y se manifiesta la polisemia del término resistencia, con énfasis en la asociación causal entre calentamiento y valores altos de resistencia.

Libro LS

... cuando circula una corriente eléctrica la temperatura del conductor se eleva pudiendo éste llegar a ponerse incandescente...Este efecto se denomina efecto Joule...Las estufas eléctricas, secadores eléctricos, la plancha...constituyen una aplicación práctica de este efecto (pp.280).

... La energía o el trabajo de la corriente eléctrica (pp.319) ...si se coloca una resistencia la energía se transforma en calor (pp.320).

...Los conductores, por acción del efecto Joule, cuando circula corriente elevan su temperatura y la ceden al espacio exterior. Tal es el caso de las estufas y de los calentadores eléctricos...Calentadores, hornos, planchas, estufas, ... son aplicaciones del efecto Joule, todos estos aparatos están contruidos con conductores de gran resistencia específica, de poca sección y de gran longitud (pp.324).

Libro ZS

Frenando electrones...la corriente circula por el conductor con el que está contruida la estufa y produce allí luz y calor...Hay una transformación de energía. Ese conductor ofrece oposición al paso de los electrones. Esa oposición se mide con lo que llamaremos resistencia eléctrica (R) del conductor. De esta manera, al moverse los electrones transfieren energía eléctrica que se transforma en luminosa y calórica. Estos conductores, con una apreciable resistencia R, se llaman resistores (pp.51).

...Las estufas eléctricas también aprovechan la transformación de energía, en este caso en calor. Un tipo conocido es el de las llamadas de cuarzo, en las que un alambre de níquel-cromo (de ¿pequeña o gran resistencia R?) está dentro de un tubo de cuarzo (pp.67).

Libro AS

... la corriente eléctrica es el movimiento de electrones libres... chocan con otros y se origina calor (efecto térmico). Cuando mayor sea el número de choques, menor será la velocidad de desplazamiento...Supongamos que vamos caminando por una calle muy transitada, para avanzar debemos sortear a los peatones y obstáculos que se hallan en nuestro camino. Cuanto mayores sean los obstáculos, mayor será la dificultad o resistencia que se nos

ofrece para nuestro desplazamiento. Esto es análogo a lo que ocurre con el desplazamiento de los electrones (pp 216).

Energía de la corriente...la corriente eléctrica es un **flujo de electrones libres** que ...adquieren determinada energía cinética...se producen **choques (con otros electrones, con átomos y con moléculas que componen el conductor)**. La energía originada por ese movimiento indica el **trabajo que es capaz de producir la corriente eléctrica** (pp.231).

Libro KS

...Entre todos los temas vinculados con los circuitos eléctricos, **el que más interesa estudiar y comprender es el de la energía** (pp.228).

...Entre dos puntos de un cable, aparentemente no parece que allí se gastara energía, pero si bien no hay entre esos puntos ningún aparato, **el alambre que los une se calienta cuando pasa la corriente, lo que es una prueba de que allí se gasta una cierta cantidad de energía eléctrica al transformarse en energía calórica...cuando una carga que circula entre dos puntos cualesquiera de un circuito entrega una energía**. La diferencia de potencial entre esos puntos es igual al cociente entre la energía entregada y la carga que ha circulado (pp 234).

Aplicaciones del efecto Joule ...los artefactos eléctricos destinados a producir calor, como los calentadores, estufas, cocinas, hornos, etc., son aplicaciones muy difundidas de este efecto. Como resistencias de calentamiento suele usarse una aleación, como el nichrome, que no se oxida y que tiene una resistividad 10 veces superior (pp.273)...

Los textos anteriores consideran que la corriente *tiene* u *origina* energía, vinculándola al movimiento de cargas y localizándola en electrones que tendrían la capacidad de transferirla.

Las interacciones se abordan (AS) como *choques* entre electrones y diversas partículas (electrones, átomos, moléculas), suponiendo que, desde el saber previo, el alumnado puede dar significado a los *choques* en el campo de estudio de la electricidad. De este modo no se encuentran elementos de la ciencia escolar en la bibliografía de cursos anteriores que permitan plantear la situación en términos de interacciones electromagnéticas, relacionadas con el proceso de transformación energética.

El intercambio energético es abordado a través de un mixto de afirmaciones académicas y alternativas en convivencia, aún en un mismo párrafo: la energía se transforma, convierte, transporta y también se consume, gasta y genera.

Se confirma que el planteamiento realizado por los Textos de Educación Polimodal que perviven del ex Secundario muestra semejanzas con el de los Textos de ESB. Se insiste además en la línea que pone énfasis en la cuantificación que conduce a la explicación alternativa de que una mayor resistencia causa mayor calentamiento.

Textos ESP, de edición anterior (15 a 17 años)					
Transformación de energía en una resistencia: Conocimientos utilizados y su concepción					
Textos	Analogía	Conceptualización			
		Resistencia	Corriente eléctrica	Interacción	Intercambio energético <i>La energía se...</i>
LS		<i>Causa</i> calentamiento R mayor	<i>Tiene</i> energía		<i>genera en R/ transforma en calor en R</i>
ZS	<i>frenado</i>	<i>Causa</i> calentamiento R mayor	Electrones se <i>frenan</i> ; <i>transfieren</i> energía Produce calor		<i>transfiere/ transforma en calor</i>
AS	<i>tránsito peatonal</i>	<i>Causa</i> calentamiento R mayor	<i>Origina</i> trabajo o energía	<i>Choques electrones con ...electrones/ átomos/ moléculas</i>	<i>origina</i> (por la corriente eléctrica) / <i>consume/ convierte en calor</i>
KS		Elemento de circuito	<i>Desarrolla</i> calor; cargas <i>entregan</i> energía		<i>gasta/ transforma/ transporta</i>

Tabla 4.3: Conocimientos utilizados al tratar la transformación de energía en una resistencia, en Textos ESP, de edición anterior

Hemos de señalar algunos aspectos relevantes que surgen (Tabla 4.3), como la recurrencia a analogías mecánicas o tomadas de la vida cotidiana, la concepción de corriente eléctrica como portador, origen, y/o que transfiere energía a través de cargas o electrones que se frenan por choques con otras partículas. Dicha energía se gasta, consume, convierte o desarrolla calor. Se toma como causa del fenómeno la resistencia, cuantificándolo mayor cuanto mayor sea R. Notándose la coincidencia con lo encontrado en textos del nivel anterior.

En textos de edición durante Reforma

Mayoritariamente los textos editados específicamente para Educación Polimodal abordan el fenómeno poniendo de ejemplo la estufa eléctrica. Uno de ellos (SP) presenta una analogía que asombra por lo inédita y alternativa, según la cual la *distribución de mercadería de una fábrica hasta un centro de consumo* es análoga a *la distribución de energía en un circuito*. Establece elementos análogos: fábrica-pila; mercadería-energía; vehículos de transporte-electrones; centro de consumo-filamento de lámpara.

Se repite la polisemia del término resistencia pasando de un significado a otro, casi sin solución de continuidad: como elemento del circuito con capacidad para transformar energía en *calor*, como acción de resistencia al movimiento de

electrones mediante interacciones de choque. Se hace explícita la proporcionalidad directa entre R y *energía perdida*.

La corriente eléctrica se aborda como *transporte* de carga o movimiento de electrones *impulsados* constantemente. Carga que *toma* o *absorbe* energía de la pila y luego la *libera*, *cede*, *transfiere* o *pierde* en el filamento. Proceso de *pérdida* de energía justificado por *choques* entre electrones con átomos, iones e impurezas de la red iónica.

Libro PP

Dar energía a los electrones para sacársela...en todos los circuitos, se transfiere energía a los electrones y se controla la manera en que posteriormente la liberan (pp.196).

...La energía que la fuente transfiere a las cargas se transmite a través del material...La energía viaja de un electrón a otro, transmitiéndose como una onda a velocidades cercanas a la de la luz...Las fuentes de energía eléctrica es un dispositivo que transfiere a las cargas la energía de otro sistema...Los electrones son impulsados constantemente...El movimiento de los electrones dentro de un material depende de la estructura microscópica de este...los materiales presentan resistencia al movimiento de los electrones...En los conductores la resistencia eléctrica se origina en el choque de los electrones con impurezas que presenta la red iónica...La resistencia eléctrica hace que la energía del movimiento de los electrones se transfiera a la red del material lo que produce su calentamiento (pp.197)...por ejemplo...la estufa eléctrica: 900 W (pp.209).

Libro EP

...los electrones se mueven... en ese movimiento hay pérdida de energía debido a los choques de los electrones contra los átomos del metal que forma el cable. Esa energía que pierden los electrones es repuesta por la pila, hasta que finalmente se agota (pp.215).

...cuando se descarga una batería a través de un conductor, se desarrolla cierta cantidad de calor...El calor desprendido en un conductor por el paso de una corriente supone una pérdida de energía, lo que debe tratar de reducirse al mínimo. Por ejemplo, si se desea transportar energía eléctrica entre dos localidades alejadas, conviene emplear cables que presenten la menor resistencia posible al paso de la corriente (pp.218).

Libro SP

Un campo eléctrico en un punto del espacio tiene almacenada una cantidad de energía. Es decir que por el cable circula la energía almacenada en el campo eléctrico...El enchufe permite que se establezca un campo eléctrico en el cable. (podríamos decir que del enchufe sale energía, no electrones). El campo eléctrico transporta la energía que hace vibrar a los electrones que están en el filamento de la lamparita...la compañía de electricidad nos vende la energía necesaria para mover a los electrones que se encuentran en los cables y aparatos (pp. 222).

...Las fuentes de voltaje transforman energía de distinto tipo en energía eléctrica. Esta energía se encuentra disponible en las terminales de los generadores, es la que provee la fuerza necesaria para mover a los portadores de carga en cada punto de un circuito. ¿Pero cómo fluye esta energía?...Ejemplo de la linterna: los electrones toman energía de la pila y la transfieren al filamento, a través del campo eléctrico. El filamento transforma esta energía eléctrica en calor y energía radiante. Dicho de otro modo: la lamparita “consume” la energía que “genera” la pila y “se pone incandescente”... las cargas no son más que cadenas de distribución de la energía: toman la mercadería de la fábrica y la trasladan hacia el centro de consumo (pp.223)...

Se hace notar que el mismo texto que habla de distribución de mercadería (SP), recurre al **campo eléctrico**, concepto no operativizado en la bibliografía de ESB. Resulta difícil compatibilizar la coexistencia en el mismo texto de una explicación basada en campo eléctrico y la analogía sobre cuestiones cotidianas tan alejadas al campo de estudio.

El intercambio energético se presenta acudiendo a la diversidad del lenguaje cotidiano -*perder, consumir, suministrar, reponer, absorber, ceder, fluir, almacenar, circular, salir, liberar, viajar, transmitir*- de forma más frecuente que el lenguaje académico que correspondería enseñar sobre la transformación energética. En ningún caso se encuentra referencia a la conservación o a la degradación de energía.

En la Tabla 4.4 se rescatan algunas características relevantes del discurso de los Textos de Polimodal analizados, respecto a los conocimientos utilizados en la construcción del argumento sobre la transformación de energía en una resistencia.

Textos ESP, de edición durante Reforma (15 a 17 años)					
Transformación de energía en una resistencia: Conocimientos utilizados y su concepción					
Textos	Analogía	Conceptualización			
		Resistencia	Corriente eléctrica	Interacción	Intercambio energético <i>La energía se...</i>
PP		Causa <i>transferencia</i> de energía del movimiento de los electrones a la red: calentamiento al movimiento de electrones; Origen en choque electrones/ impurezas	Electrones <i>impulsados</i> constantemente; Movimiento de electrones	Choque electrones/ impurezas de la red iónica	<i>transfiere y libera por electrón; transmite como onda; viaja de electrón a otro</i>
EP		Elemento de circuito con capacidad de <i>transformar</i> energía; Proporcionalidad directa entre R y energía <i>perdida</i>	<i>Transporte</i> continuo de cargas Electrones <i>pierden</i> energía Carga <i>absorbe</i> y <i>cede</i> energía; Carga <i>produce trabajo</i>	Choques electrones/ partículas	<i>pierde/ consume/ suministra/ repone/ transforma/ transporta/ absorbe/ cede</i>
SP	<i>Distribución mercadería</i>	El filamento <i>transforma</i> energía eléctrica en calor	Electrones... <i>ceden</i> energía; <i>toman</i> energía de la pila; <i>transfiere</i> energía al filamento	Choques electrones/ iones	<i>almacena en puntos de campo eléctrico/ circula/ sale del enchufe/ consume / fluye</i>

Tabla 4.4: Conocimientos utilizados al tratar la transformación de energía en una resistencia, en Textos ESP, de edición durante Reforma

Resultando, que el tratamiento del fenómeno en Textos de Polimodal se plantea centrado en la resistencia como elemento con capacidad de transformar energía que estaría localizada en electrones o cargas, utilizados indistintamente, que absorben y ceden energía. Esa energía se transforma en calor mediante choques entre electrones y diversas partículas del material. La cuestión del intercambio energético presenta una diversidad discursiva que va desde indicar que la energía viaja, que *sale del enchufe* (idea identificada por Pontes y Pro Bueno, 2001, sobre que el tomacorriente es fuente de energía) hasta intentar abordarla desde la idea de campo eléctrico como almacén.

4.1.1.b.2 Institucionalización

En textos de edición anterior

La institucionalización de la ley de Joule en textos de ex Secundario, se aborda a partir de formular el trabajo eléctrico. Luego, aplicando transformaciones matemáticas se busca alcanzar la expresión de la ley.

La estrategia didáctica aplicada en tres de los textos (LS, AS, KS) consiste en relacionar el efecto Joule con la corriente eléctrica, colocando en ésta cierta *capacidad para realizar trabajo eléctrico* cuando una carga se mueve entre una diferencia de potencial. Este trabajo eléctrico, como proceso de transformación de energía, es expresado en términos de energía potencial eléctrica (W) que luego se pasa a equivalente en cantidad de calor (Q) en calorías. Inicialmente Q se formula en función de V, I y t para luego, haciendo la sustitución a partir de la Ley de Ohm presentar, R haciendo explícita la expresión $Q = I^2 \cdot R \cdot t \cdot 0,24 \text{ cal}$ e identificándola con la ley de Joule.

Libro LS

ENERGÍA Y POTENCIA DE LA CORRIENTE ELÉCTRICA...la *energía o el trabajo de la corriente eléctrica* es... $W = (V_a - V_b) \cdot I \cdot t$; $W = I^2 \cdot R \cdot t$ (pp.319).

*...El trabajo eléctrico generado en una resistencia eléctrica es proporcional al cuadrado de la intensidad de la corriente, al valor de la resistencia del conductor y al tiempo que circuló la corriente, $W = I^2 \cdot R \cdot t$... **CALOR DESARROLLADO POR LA CORRIENTE ELECTRICA, ... $Q = I^2 \cdot R \cdot t \cdot 0,24 \text{ cal}$ constituye la expresión de la ley de Joule**, que dice así: La cantidad de calor desarrollada en una resistencia al circular por ella una corriente es directamente proporcional al cuadrado de la intensidad de la corriente, a la resistencia y al tiempo de circulación (pp. 320).*

Libro ZS

LA POTENCIA, LA ENERGIA Y LA RESISTENCIA...Un calentador eléctrico o una plancha (acompaña imagen de estos artefactos) tienen resistores en su interior, con una **elevada resistencia eléctrica**...¿Cómo está vinculada esta resistencia con la energía y con la potencia?...Un poco de matemática nos volverá a ayudar...Sabemos que $P=V.I$, pero $V=R.I$, entonces $P=R.I^2$...Como ves, la potencia depende de la resistencia del conductor ..En cuanto a la energía $E=P.t=R.I^2.t$ (pp. 73).

Libro AS

...Cuando mayor sea el número de choques, menor será la velocidad de desplazamiento ... de los electrones (pp. 216).

La **energía originada** por ese movimiento indica el trabajo que es capaz de producir la corriente eléctrica...es igual al producto del potencial por la intensidad de la corriente y por el tiempo transcurrido...de $V=W/q$... $W=V.I.t$, por equivalencia $Q=0,24V.I.t$ (pp.231)...por reemplazo (Ley de Ohm) ...**Ley de Joule** $Q=0,24.I^2.R.t$ y $Q=0,24.V^2.t/R$...la cantidad de calor producida por el paso de una corriente por un conductor es **directamente proporcional al cuadrado de la intensidad de la corriente, la resistencia del conductor y al tiempo que dura el pasaje** (pp.232).

Libro KS

...la velocidad de transporte de la energía eléctrica es alta ...los electrones se desplazan con una velocidad muchísimo menor (pp. 216).

...**CALOR ELECTRICICO. LEY DE JOULE**...cuando una corriente eléctrica atraviesa un conductor, éste experimenta un aumento de temperatura (pp.271)... el calor es una forma de energía... Si el calentador funciona con voltaje V y una intensidad I durante un tiempo t , el **trabajo realizado es** $W=V.I.t$, por equivalencia $Q=0,24.V.I.t$ (**Ley de Joule**). Reemplazando resulta $Q=0,24.R.I^2.t$...**Ley de Joule: El calor que desarrolla una corriente eléctrica al pasar por un conductor es directamente proporcional a la resistencia, al cuadrado de la intensidad de la corriente y al tiempo que dura la corriente** (pp.272).

En el texto (ZS), la institucionalización se realiza sobre la idea de energía transformada en una resistencia de valor alto. Se da por conocida la fórmula de la potencia eléctrica $P=V.I$ y, mediante la aplicación de la ley de Ohm, se expresa en función de las variables I y R . Resulta importante notar la transformación discursiva al verbalizar la formulación, ya que aparece un notable sesgo al señalar, solamente, que la potencia es directamente proporcional a R , evidencia de razonamiento sobre una sola variable. Seguramente la energía eléctrica expresada en función de P , arrastra tal sesgo en su interpretación. Es notable el cambio de expresar la ley en términos de potencia eléctrica, $P=R.I^2$, en watt, desapareciendo la referencia a la cantidad de calor (Q) en calorías.

Por otra parte, resulta interesante la mención (AS y KS) a la baja **velocidad de desplazamiento de los electrones** (v_d) en relación inversamente proporcional al número de choques, considerando estos como indicadores de la cuantificación de la resistencia como oposición al paso de corriente eléctrica.

En la Tabla 4.5 se muestran aspectos relevantes resultado del análisis de la institucionalización del fenómeno en Textos de Polimodal, de edición anterior a la reforma. En relación con la Tabla 4.2 de los Textos de ESB, se observa la aparición de otros elementos cognitivos.

Textos ESP, de edición anterior (15 a 17 años)								
Institucionalización del fenómeno								
Textos	Denominación	Elementos cognitivos						Relación
		Calor	Corriente eléctrica	R	v_d	Transformación energía	Formulación Ley de Joule	
LS	Ley de Joule	Producido por corriente	Produce trabajo (W)	Elemento de circuito	-	$W=(V-V_b). I.t$ $W=I^2.R.t$	$Q=I^2.R.t.0.24$	Ley de Ohm (implícita)
ZS			-	Valor alto	-	$E=P.t=R.I^2.t$	$P=V.I$, $P=R.I^2$	Ley de Ohm $P \propto R$
AS	Ley de Joule	Producido por corriente	Produce trabajo (W) Asociación E cinética	Acción, oposición	$v_d \propto 1/n^\circ$ choques	$W=V.I.t$	$Q=0,24 V.I.t$ $Q=0,24.I^2.R.t$ $Q=0,24 V^2.t/R$	n° choques > v_d <; $V=W/q$ Ley de Ohm
KS	Ley de Joule	Producido por corriente Forma de energía	entrega energía	-	v_d , baja versus v transp. energía, alta.	$W=V.I.t$	$Q=0,24 V.I.t$ $Q=0,24.I^2.R.t$ $Q=0,24 V^2.t/R$	$V=Energía/q$ Ley de Ohm (implícita)

Tabla 4.5: Institucionalización del fenómeno en Textos ESP, de edición anterior

En Tabla 4.5 se pone de manifiesto la perspectiva de formulación matemática con que se aborda la institucionalización de la Ley de Joule. En general aparece la corriente eléctrica como causa de calentamiento, sin embargo las formulaciones se fuerzan hasta transformarlas en expresiones donde aparece R.

En algunos casos, en relación con el movimiento de electrones, se hace mención a la baja velocidad de desplazamiento de los mismos como consecuencia un alto número de choques. Detrás de esta relación cuantitativa se oculta un verdadero desafío a la capacidad de razonar con más de una variable que el texto no muestra.

En textos de edición durante Reforma

Los Textos de ESP del Polimodal vigente se refieren al efecto Joule sin llegar a institucionalizarlo como Ley de Joule. A pesar de ello, avanzan sobre la

formulación matemática en términos de potencia eléctrica. Conjuntamente se verbaliza un discurso que pone de manifiesto la operatividad de modelo analógico cinético molecular y modelo de campo, entre otros.

Uno de ellos (EP), considera el fenómeno de calentamiento como una manifestación del *Trabajo* ($L=I.V.t$) que *realiza la carga* (q). Con respecto a la *rapidez* para realizar ese *trabajo* presenta la potencia eléctrica (P), inicialmente formulada en función de V e I para luego, aplicando la Ley de Ohm, transformarla en función de $V-R$ o $I-R$. Idéntico análisis realizan los otros dos textos, con la diferencia de que en vez de plantearlo como *trabajo*, lo hacen en términos de *Energía transferida o consumida*: $E=I.V.t$.

Tales formulaciones se respaldan sobre la idea de corriente eléctrica como *transporte o distribución de energía* que es *transferida por las cargas* a la resistencia y, si ésta es *alta*, la transforma en calor.

Libro PP

ENERGÍA Y POTENCIA EN LOS CIRCUITOS ELÉCTRICOS...*la energía entregada por la fuente se transforma en otro tipo de energía, $E=q.\Delta V...E=I.\Delta V.\Delta t...$ Según ley de Ohm se puede calcular la energía consumida por una resistencia R , $E=R.I^2.\Delta t$. Esta expresión permite calcular la energía transformada mediante el efecto Joule...transformación de la energía eléctrica en calor en una resistencia. Este efecto explica el funcionamiento de los calentadores eléctricos o de una plancha, ya que tienen un valor de resistencia muy alto que al conectarlos a 220V transforman gran cantidad de energía eléctrica en calor...La potencia eléctrica es la rapidez con que la energía eléctrica se transforma en otra forma de energía: energía por unidad de tiempo, $P= V.I$; $P=I^2.R$; $P=V^2/R$ (pp.206).*

Libro EP

...El efecto de la transformación de energía eléctrica en calor se denomina efecto Joule...Un modelo que puede explicar tal efecto señala que se debe al choque de electrones de la corriente con otras partículas del material del conductor... los conductores que tienen tal capacidad se denominan resistencias (pp.218).

...Si la carga se mueve de mayor a menor potencial, será esa misma carga la que produzca trabajo...el trabajo de la carga se apreciará como movimiento, calor u otra manifestación energética (pp.221).

...Si $q=I.t$, $L=q.V= i.t.v...$ trabajo suministrado en la unidad de tiempo, magnitud que se conoce con el nombre de potencia eléctrica $Pe=L/t=I.V...$ otra forma de entender la potencia eléctrica es como la rapidez con que la energía eléctrica se transforma en otra forma de energía ...Si se conoce la resistencia $R ...I=V/R$ o $V=R.I$, reemplazando $Pe=I^2.R$ o $Pe=V^2/R$ (pp.222).

Libro SP

La velocidad con que los electrones avanzan por el cable de una linterna es de 0,01 cm/s, aproximadamente...Al conectar la pila, se establece en el interior del cable un campo eléctrico...se desplaza por el circuito con una rapidez cercana a la de la luz en el vacío...El campo acelera a los electrones... chocan con los iones de la red y le ceden parte de su energía. Este movimiento interrumpido provoca que la velocidad de avance de los

electrones sea muy pequeña. Y es también la razón por la que los cables se calientan cuando circula corriente por ellos durante cierto tiempo (pp.222).

*...La **diferencia de potencial** que hay entre los extremos de la lamparita **representa la energía transferida al filamento por unidad de carga que fluye** a través de él: $E=V.q$...La energía transferida al filamento por la carga q es: $E=V.q=V.I.\Delta t$; $E/\Delta t=V.I$...Entonces la **rapidez con que un componente transforma la energía eléctrica en otro tipo de energía** (ej. estufa), llamada potencia eléctrica, depende de la corriente que circula por él y del voltaje aplicado en sus extremos...Estas magnitudes están relacionadas por la ley de Ohm. Si conocemos R que opone un determinado componente a cierto valor de corriente eléctrica, $P=V.I=I^2.R=V^2/R$ (pp.223).*

En el tratamiento se observa la presencia de la diferencia de potencial (V), pero solo en el papel de cálculo o como causa del movimiento de la carga, sin significado desde el punto de vista energético.

Ya en apartado anterior, se notó que SP, introdujo el *campo eléctrico*, sosteniendo que el mismo *acelera* electrones, *transporta* energía y que *a través del campo* los *electrones toman energía* de la pila y la *transfieren* al filamento. A diferencia de lo ocurrido con la utilización discursiva de V, el campo eléctrico no aparece en fórmulas ni se establece relación con V, por lo que es difícil la integración del lenguaje verbal con el simbólico, aún en el mismo texto SP. Respecto a la idea de transporte de energía, dicho texto, presenta el campo eléctrico como transportador, pero más tarde utiliza el término *transporte* en la ecuación $I=n.s.v_d.e$ (pp.350). De no interpretarse adecuadamente podría fortalecerse la idea de electrones como transportadores de energía. Sería importante aprovechar dicha ecuación en la discusión de afirmaciones realizadas a partir del modelo cinético molecular.

También PP, indica el valor bajo de la velocidad de *desplazamiento* (v_d) de la carga, sin plantear relación entre v_d y el fenómeno. Podría suceder que el razonamiento localizado en la carga, alejado del punto de vista probabilístico propio de la corriente eléctrica, obstaculizara la vinculación de v_d con el fenómeno de calentamiento. Se evidencia que tal *desplazamiento* se explica a través de relaciones causales que denotarían un enfoque coulombiano, ya que el desplazamiento tendría lugar por aplicación de una fuerza eléctrica que parece darse por acción entre cargas.

Si bien se expresa la fórmula del trabajo eléctrico o transferencia de energía eléctrica, en ningún caso se explica la naturaleza del proceso mismo de transformación energética. La mención del campo eléctrico tampoco se aprovecha para argumentar al respecto. La estrategia de tratamiento consiste en la

introducción de la fórmula que indica *trabajo de la carga* L, según EP o *energía consumida* E, según PP y SP. Independientemente de la nomenclatura, la denominación o lo que dice representar equivale a aquella fórmula que los textos del ex Secundario denominaban Trabajo eléctrico (L) expresándolo como Energía potencial eléctrica (W).

A diferencia de los textos de edición anterior, la ley de Joule ya no se expresa en términos de cantidad de calor (Q) medida en calorías, haciéndose en términos de potencia eléctrica (P), medida en watt.

Resulta representativo para el presente estudio el pensamiento localizado en la carga o en el electrón que se hace respecto de la velocidad de desplazamiento de los electrones, considerada como sinónimo de velocidad de arrastre de la corriente eléctrica (v_d). Además debemos señalar la diversidad de denominaciones que se utilizan tales como velocidad de *avance* (SP) o *desplazamiento* (PP) *de electrones*, así como también la notable diferencia de cuantificación, mil veces mayor en SP (10^{-4} m/s) que en el indicado por PP (10^{-7} m/s).

En la Tabla 4.6 se recogen aspectos relevantes resultado del análisis.

Texto ESP, de edición durante Reforma (15 a 17 años)								
Institucionalización del Fenómeno								
Textos	Denominación	Elementos cognitivos						Relación
		Calor	Corriente eléctrica	R	v_d	Transformación energía	Formulación Ley de Joule	
PP	Efecto Joule	Causado por corriente		Transforma E en calor Consumen E R, alta	$v_d = 10^{-7}$ m/s	$E = q \cdot \Delta V$ $E = I \cdot \Delta V \cdot \Delta t$ $E = R \cdot I^2 \cdot \Delta t$	$P = V \cdot I$ $P = I^2 \cdot R$ $P = V^2 / R$	V, fuerza eléctrica, arrastre e Ley Ohm
EP	Efecto Joule	Pérdida energía; Manifiesta trabajo (L)	Transporte de carga (q) q produce trabajo (L)	$R = V / I$		$L = q \cdot V$ $L = I \cdot t \cdot V$	$P_e = L / t$ $P_e = I \cdot V$ $P_e = I^2 \cdot R$ $P_e = V^2 / R$	Ley Ohm
SP			q, cadena de distribución de energía; electrones toman energía de la pila y la transfieren al filamento	Filamento transforma energía eléctrica en calor	$v_d = 0,01$ cm/s $= 10^{-4}$ m/s ecuación transporte $I = n \cdot S \cdot v_d \cdot e$	Energía transferida al filamento por la carga $E = V \cdot q = V \cdot I \cdot \Delta t$	$E / \Delta t = V \cdot I$ $P = V \cdot I$ $P = I^2 \cdot R$ $P = V^2 / R$	Ley Ohm Campo eléctrico:: acelera electrones ; transporta energía

Tabla 4.6.: Institucionalización del fenómeno, en Textos ESP, de edición durante Reforma

En la Tabla 4.6 se puede observar que la denominación de la Ley de Joule no aparece como tal en Textos del Polimodal vigente, pero está presente su tratamiento desde el punto de vista de la potencia eléctrica. Sin embargo persisten ideas de que el fenómeno implica pérdida de energía, analogías poco apropiadas, así como diversas nomenclaturas utilizadas en relación con la energía y la potencia eléctricas. Se introduce nueva información acerca de la velocidad de arrastre, campo eléctrico, diferencia de potencial y trabajo eléctrico, que se suman al discurso como términos a los que no se da significado conceptual.

4.1.1.c Conclusiones sobre el tratamiento del fenómeno y su institucionalización

Del tratamiento

Resultado del análisis realizado en el presente apartado, que en forma resumida se ilustra en las Tablas 4.1; 4.2; 4.3, la totalidad de los libros analizados tratan el fenómeno de transformación de energía en una resistencia eléctrica utilizando la estufa eléctrica como el artefacto electrodoméstico tomado más frecuentemente como ejemplo del fenómeno. Algunos textos recurren a analogías de mecánica de *frenado* o *frotamiento*, mientras que otros enuncian analogías de procesos tomados de la vida cotidiana como el *tránsito peatonal* o la *distribución de mercaderías*.

El proceso de intercambio energético se presenta en los textos de ESB en términos de *pérdida*, de transformación o conversión en *calor* (E9 y S9) o *generación de calor* (P9), además de las asociaciones electrón-energía y corriente eléctrica-energía. Ideas y asociaciones que continúan en textos de Polimodal.

Casi la totalidad de los libros de la muestra editados para el Polimodal vigente (E.P, S.P, P.P) considera que el calentamiento es causado por la resistencia, tomándolo como elemento específico del circuito con capacidad de transformar o transferir energía.

Algunos textos de ESB (P9) y de Polimodal vigente (EP) explicitan la relación directa entre una mayor resistencia y el mayor calentamiento, considerado éste como *pérdida* de energía.

La mayoría relaciona cargas eléctricas con energía, sosteniendo que las *cargas* o *electrones* en movimiento *llevan, tienen* o *transportan* energía eléctrica (E8, S8 y E9) o energía cinética (S9); *tienen, originan, transportan* o *entregan* energía (LS, ZS, AS, KS); *pierden, absorben, ceden, toman, transfieren* energía o *producen trabajo* (PP, ES, SS).

A diferencia de los textos de edición anterior a la Reforma, los textos editados específicamente para ESB y Polimodal ponen mayor énfasis en explicar las interacciones implicadas en el proceso de intercambio energético. Tal como hemos indicado anteriormente se recurre a razonamientos mediante analogías tomadas, en general, del campo de la mecánica y de la vida cotidiana, como así también a las ideas alternativas, causalidad, entre otros aspectos que muestran la explicación del fenómeno. El tratamiento, en la franja que abarca el nuevo nivel Secundario (12 a 17 años), queda prácticamente representado por el modelo analógico de colisiones entre partículas, sin evolución en la enseñanza hacia el concepto de las interacciones propias del campo de la electricidad. De este modo el intercambio energético se aborda desde un enfoque causal que se respalda en los *choques* entre diferentes partículas o cargas según el nivel educativo. Esto es, entre cargas y electrones con átomos, en ESB; entre electrones con electrones/átomos/moléculas, en ex Secundario y entre electrones con partículas/ iones/ impurezas, en Polimodal.

De su institucionalización

La institucionalización del fenómeno se encuentra a partir de los textos de 9no año, con continuidad en textos de ESP, (Tablas 4.4; 4.5 y 4.6), identificando el Efecto Joule (S9 y P9) con el calentamiento producido por la circulación de corriente eléctrica en una resistencia. Si bien no aparecen fórmulas para el cálculo del calentamiento, la verbalización conduce a relacionar mayor resistencia con mayor efecto. En el caso de E9 avanza en la presentación de la Ley de Joule, donde se cuantifica la *cantidad de calor* (Q) en relación con la resistencia y la intensidad de corriente eléctrica.

Se insiste en la expresión $Q \propto I^2 \cdot R$ que implica un razonamiento mediante variables interdependientes, pero se ha puesto en evidencia en los textos que se

razona siempre sobre una sola variable, esto es, por un lado, Q en relación con R ; por otro, Q en relación con I , sin que se tenga en cuenta que cualquier variación de R implica variación de I . Por lo tanto el razonamiento por separado resulta una mera simplificación de la situación real.

En la Tabla 4.5, se observa que los textos del ex Secundario (15 a 17 años), que continúan siendo utilizados en el actual Polimodal, tratan el efecto Joule directamente en relación con la circulación de corriente eléctrica, sosteniendo que ésta realiza *trabajo eléctrico*. Mayoritariamente las fórmulas del trabajo eléctrico se orientan a presentar la equivalencia con la cantidad de calor (Q), forma en que se institucionaliza la Ley de Joule. Luego, mediante aplicación de la ley de Ohm, se la transforma siendo la expresión en términos de R e I la elegida para traducir verbalmente. Por otra parte, el único de estos textos (ZS) que expresa la ley de Joule en términos de potencia eléctrica en función de V e I , realiza la misma transformación y presenta la expresión en función de R e I , centrado el razonamiento en un valor alto de R .

De Tabla 4.6, sobre los textos editados durante la Reforma para el nivel Polimodal, surge la referencia verbal al efecto Joule en relación con la corriente eléctrica a través de analogías con situaciones cotidianas. Es reiterada la mezcla de ideas alternativas con terminología relacionada con enfoque energético de circuito, tal como trabajo eléctrico y campo eléctrico. Por ese camino introducen formulaciones matemáticas con presencia de V e I . Luego, la ley de Joule aparece en términos de potencia eléctrica, que por reemplazo con la ley de Ohm, se transforma en términos de R e I , manera que la mayoría de los textos verbaliza.

El tratamiento de la diferencia de potencial es acompañado con referencias discursivas a campo eléctrico y trabajo eléctrico. Por tal razón, en el apartado siguiente, se incorporan conceptos en el análisis del concepto de diferencia de potencial. También en relación con la causa del fenómeno y la transformación energética, se hace mención a distintas velocidades. En el caso de la velocidad de arrastre (v_d), se incorpora en el apartado el análisis de corriente eléctrica e intensidad de corriente I .

4.1.2. Análisis sobre la construcción de los conceptos claves para la argumentación del fenómeno

La resolución del problema auténtico, utilizado como herramienta de recogida de información del discurso de los libros de texto, requiere operativizar algunos conocimientos básicos de la electricidad. Toma importancia entonces, poner en evidencia qué construcción de conocimiento realizan los libros de texto sobre los siguientes conceptos: *diferencia de potencial (V)*, *intensidad de corriente (I)*, *resistencia eléctrica (R)*, *ley de Ohm*, *potencia eléctrica (P)*.

4.1.2.1. Construcción del concepto de Diferencia de Potencial (V)

A manera de marco referencial, se ilustran ideas y dificultades de aprendizaje relacionadas con la diferencia de potencial señaladas por Pozo y Crespo (1998).

Los términos voltaje y diferencia de potencial son muy poco utilizados en las explicaciones que los alumnos hacen de los fenómenos eléctricos y los circuitos y cuando lo utilizan lo hacen en bastantes ocasiones como sinónimo de corriente eléctrica. Otras veces tienden a interpretar el voltaje o la diferencia de potencial como una propiedad de la corriente o una consecuencia de ella, en vez de considerar la corriente eléctrica como una consecuencia de la diferencia de potencial entre dos puntos de un conductor (pp.242).

También sobre la idea de *función de las pilas*:

Las pilas se conciben como almacenes del fluido (energía, carga eléctrica, voltaje, electricidad, corriente, etc.) que es necesario transportar hasta la bombilla. Para muchos sería un almacén de electricidad que, a través de los polos, se encarga de inyectarla en los cables. Las pilas proporcionan una corriente constante independientemente del circuito al que estén conectados (pp.242).

Considerando que algunos textos de ESP (15 a 17 años), acompañan el tratamiento de diferencia de potencial con referencias a *campo eléctrico*, al respecto desde la investigación educativa (Pozo y Crespo, 1998) se señala:

*...Cuando los alumnos, al final de la educación secundaria (16-18 años) aceptan la existencia de una corriente de electrones en el circuito, el problema surge al buscar una interpretación al mecanismo que produce el movimiento de esos electrones...El concepto de potencial no es fácil, de hecho es bastante contraintuitivo, y los alumnos necesitan encontrar un mecanismo causal que explique ese movimiento...cuando intentan explicar el movimiento de una carga en el interior de un **campo eléctrico**...por ejemplo que una carga positiva se mueve espontáneamente entre dos puntos A y B de un campo, atribuyen una carga positiva al punto A y una negativa al punto B (pp.247).*

También Campanario (2001) pone en evidencia el tratamiento dado por los libros de textos al concepto de campo eléctrico que en cierta manera disimula el problema conceptual:

El concepto de campo eléctrico se presenta generalmente a los alumnos en función de otras dos magnitudes (fuerza y carga). La utilidad de dicho concepto, por ejemplo, para resolver el problema de la acción a distancia rara vez se hace explícita. La secuencia de enseñanza tradicional tiende a insistir más en la utilidad del concepto de campo para resolver problemas numéricos de interacción electrostática. A continuación aparecen los típicos ejercicios de aplicación en los cuales se pide calcular el campo generado por distribuciones continuas de carga...

4.2.1.2.a Textos ESB

Los textos de 2do. ESB, equivalente a 8vo. año de EGB3, realizan una aproximación a la idea de diferencia de potencial, centrando la cuestión en las pilas y utilizando la denominación *voltaje* o *tensión*.

Libro E8

Así como las bombas impulsan el agua a través de los caños, las pilas bombean electricidad a través de los cables (pp. 104) *...el voltaje de una pila indica la capacidad que tiene una pila para dar energía a la electricidad* (pp.107).

El texto E8 plantea una analogía hidráulica (pila-bomba hidráulica; agua circulante-electricidad). La expresión...*electricidad a través de los cables* podría señalar que se toma la naturaleza de la corriente eléctrica como la *electricidad*, pero como también expresa que...*la capacidad que tiene una pila para dar energía a la electricidad*, queda a criterio del lector si *electricidad* se entiende como corriente eléctrica, carga eléctrica, receptora de energía u otra acepción.

Libro S8

La pila se encarga de generar la corriente eléctrica, manteniendo en movimiento a los electrones de conducción que se encuentran a lo largo de todo el circuito, aplicando un voltaje, o tensión, entre los extremos del cable (piensen en la energía potencial diferente que presentan dos niveles de un tubo de un circuito hidráulico) (pp.58)

El texto S8 define *voltaje* en relación con la función de la pila *de generar corriente eléctrica*. No resultaría extraño que esta expresión condujera a una conceptualización alternativa de la pila como fuente de corriente eléctrica y de allí confundir fuente de tensión constante con intensidad de corriente eléctrica constante.

También recurre a la analogía hidráulica, por lo tanto subyace también la cuestión de la pila análoga a bomba hidráulica; flujo de agua circulante análoga a flujo de electrones. Además aparece una analogía gravitatoria, puesto que asocia diferencia de potencial con diferencia de energía potencial gravitatoria. Cabría preguntarse, si acaso, esta analogía también podría conducir a la conceptualización alternativa de la pila como fuente de corriente eléctrica constante ya que, al no limitar la analogía, el lector podría interpretar que a igual altura, igual diferencia de potencial, los cuerpos caen con la misma velocidad y asociado a ello pensar en igual velocidad del movimiento de electrones como sinónimo de igual intensidad de corriente, independientemente de la R del circuito.

A su vez, los textos de 9no. año se aproximan a la idea de diferencia de potencial de la siguiente manera:

Libro E9

La intensidad de las cargas no es siempre la misma, y la cantidad de cargas que pasan por un lugar en un cierto período de tiempo puede variar. Para comprenderlo, resulta útil otra analogía, en este caso a partir de un caño y un montón de bolitas, todas del mismo tamaño. Con el caño inclinado, por uno de sus extremos se introducen las bolitas, de a una, dejando que cada bolita se deslice hasta el final del caño antes de introducir la siguiente: cuanto mayor sea la inclinación del caño, a mayor altura estará su extremo superior, y mayor será el número de bolitas que podrán deslizarse en el mismo lapso. Es decir que, al aumentar la energía potencial gravitatoria, también la intensidad de la corriente de bolitas aumenta.

Algo semejante ocurre si, cuando las cargas están en movimiento, se aumenta su voltaje, también llamado diferencia de potencial. El voltaje está siempre en relación directa con la corriente eléctrica... Si bien el voltaje impulsa la circulación de las cargas, ese movimiento puede ser obstaculizado por los átomos que constituyen el material a través del cual las cargas se desplazan (pp.66).

Este texto E9 introduce la idea de *diferencia de potencial* o *voltaje* asociada a la variación de la intensidad de corriente, mencionando ésta en términos de *intensidad de las cargas* o *corriente eléctrica*. Nótese la aparición del término *intensidad*.

Utiliza como analogía la energía potencial gravitatoria en un caño con bolitas en su interior y al que se le varía la inclinación, instala una relación directa entre el *voltaje* y la intensidad de *corriente eléctrica*: las cargas eléctricas quedan asociadas a *bolitas* que se mueven en un caño inclinado; el voltaje se asocia a una diferencia de energía potencial gravitatoria; y la naturaleza de la corriente eléctrica se identifica como corriente de *bolitas*.

Libro del Docente de E9

...se introduce el concepto de diferencia de potencial, recurriendo al análogo concreto del caño con bolitas, que permite retomar los temas de energía potencial ya tratados en el capítulo sobre "Fuerzas y movimientos". Se prefirió este recurso al de los clásicos análogos hidráulicos que, si bien son muy útiles, presentan el inconveniente de necesitar agregar conceptos nuevos, como los de caudal y presión (pp.10).

El texto E9 tiene asociado un *Libro del Docente*, donde justifica que se evita la analogía hidráulica dado que ésta requiere de conceptos nuevos, como caudal o presión.

Libro S9

*La energía potencial que pierde la piedra entre dos puntos cualesquiera de su recorrido, o **diferencia de potencial**, es proporcional a la diferencia de altura de esos puntos.*

*De manera similar a lo que sucede con la piedra al caer, una carga eléctrica en presencia de tensión entre los extremos de un conductor, se pondrá en movimiento transformando su energía eléctrica en energía cinética y calor..... Para que circule corriente por un artefacto eléctrico...es necesario que entre los polos exista una diferencia de potencial también llamada **voltaje** o **tensión**...Al poner dos zonas de un conductor a diferentes potenciales, se ponen en movimiento las partículas cargadas que el conductor tiene más libres. (pp.70).*

(Nota: la letra negrita corresponde al texto original)

El texto S9 alude al campo gravitatorio y a la energía potencial perdida por una piedra que cae, como estrategia para abordar el concepto de diferencia de potencial.

Esa energía potencial que se *pierde* la define como diferencia de potencial relacionada de forma directa con la diferencia de altura en un campo gravitatorio. A partir de esta analogía gravitatoria presenta el voltaje o tensión como la causa del movimiento de *partículas cargadas...libres*.

La indicación que la carga eléctrica...se *pondrá en movimiento transformando su energía eléctrica en energía cinética y calor*. Parecería no quedar claro si la energía eléctrica se asocia a la carga en movimiento o a la *tensión* aplicada.

A través de la analogía, la diferencia de potencial queda asociada por un lado a la idea de *pérdida* de energía y por otro a la transformación de energía eléctrica en *energía cinética y calor*.

Libro P9

La energía perdida por una unidad de carga eléctrica entre dos puntos de un circuito eléctrico se denomina diferencia de potencial, tensión o voltaje entre esos dos puntos (pp.214)

El texto P9 define diferencia de potencial, tensión o voltaje en términos de *energía perdida por unidad de carga*. Se destaca entonces, la referencia a que la energía se pierde. Parecería no quedar claro a qué tipo de energía se refiere. En Tabla 4.7 se recoge los aspectos relevantes del análisis de la construcción del concepto de diferencia de potencial, en textos de ESB.

Textos ESB (12 a 14 años)			
Construcción del concepto de diferencia de potencial			
Textos	Analogía	Asociaciones	Energía
E8	Hidráulica	Pila – bomba de electricidad; Electricidad – fluido; Voltaje – capacidad de <i>dar energía</i>	Se da Aplicada a electricidad
S8	Hidráulica Gravitatoria	Pila – genera corriente; Voltaje o tensión – capacidad de mantener partículas en movimiento	Aplicada a electrones
E9	Gravitatoria	Voltaje – diferencia de energía potencial gravitatoria; Diferencia de energía potencial gravitatoria – diferencia de altura; Voltaje – intensidad de cargas o corriente eléctrica; Cargas - bolitas	Aplicada a cargas
S9	Gravitatoria	Diferencia de potencial – diferencia de de energía potencial gravitatoria - diferencia de altura; Voltaje – movimiento de partículas cargadas; Energía cinética - calor	Pérdida- Transformación Aplicada a partículas cargadas libres
P9	-	Energía <i>perdida</i> por unidad de carga – diferencia de potencial/ voltaje/ tensión	Pérdida Aplicada a carga eléctrica

Tabla 4.7: Diferencia de Potencial. Construcción del concepto, en Textos ESB

4.1.2.1.b Textos ESP

En textos de edición anterior

El concepto de diferencia de potencial en textos de ex Secundario, se construye sobre la analogía con el campo gravitacional. En relación con ello, los textos AS y LS presentan el *campo eléctrico E* como una *región del espacio* donde se ejercen fuerzas eléctricas que realizan *trabajo eléctrico* L_{ab} al transportar o desplazar una carga q . La didáctica de ciencias ya ha indicado sobre lo inadecuado de definir *campo eléctrico como región...*, sumado al enfoque de trabajo eléctrico fundamentado sobre la formulación fuerza por distancia, denota fuerte relación con la formulación de trabajo mecánico, lejos de conceptualizarlo como proceso de transformación de energía eléctrica.

Es evidente que la intencionalidad del tratamiento dado consiste en buscar la fórmula de V . Así se define diferencia de potencial como el trabajo eléctrico realizado por unidad de carga $V_a - V_b = L_{ab}/q$ señalando que el *trabajo eléctrico es igual, cambiado de signo, a la energía potencial eléctrica* $W = (V_a - V_b) \cdot q$, tratamiento

que no es suficientemente explícito para dar significado a V en términos de proceso de transformación energética. Se suma a ello la carencia de significado de una igualdad con cambio de signo entre L_{ab} y W .

La formulación anterior de energía potencial eléctrica, en función de $q=I.t$ y de la ley de Ohm, es transformada en el texto LS hasta llegar a la expresión $W=I^2.R.t$, donde se observa que la estrategia lleva a la desaparición de V .

Libro LS

...**campo eléctrico** es toda región del espacio donde se ejercen **fuerzas eléctricas** sobre cargas eléctricas (pp. 239)...

...**energía potencial de una carga eléctrica**, en forma análoga a la energía potencial del **campo gravitatorio** (pp 249).

...la **diferencia de potencial** entre dos puntos A y B de un **campo eléctrico** es igual al **trabajo** (L) realizado para transportar la unidad positiva de carga eléctrica desde el punto A hasta el punto B , $V_a-V_b=L_{ab}/q$ (pp.252).

...la energía o el **trabajo de la corriente eléctrica** es directamente proporcional a la diferencia de potencial, a la intensidad de corriente y al tiempo que circula... $W= (V_a-V_b).I.t$ y $W=I^2.R.t$...es el **trabajo eléctrico** generado en una resistencia eléctrica (pp.319).

Libro ZS

Introduce **campo eléctrico** por analogía con el campo gravitatorio (pp.25). Siguiendo la analogía define...el **trabajo** es igual a la **variación de energía potencial**, con signo cambiado (pp.44), luego la **diferencia de potencial eléctrica** entre dos puntos del **campo**, es el **cociente** entre el **trabajo para transportar la carga entre los puntos**, y el valor de dicha **carga**.

Utiliza un **modelo de gota de electricidad** para ayudar a comprender el concepto de **diferencia de potencial eléctrica** (pp.45), luego en función del mismo redefine **campo eléctrico**: es igual a la **variación del potencial por unidad de longitud**, pero con signo cambiado, $E=-(V_a-V_b)/l$ (pp.47).

Libro AS

Habiendo establecido el concepto de **campo eléctrico** como toda **región del espacio** donde se verifican fenómenos eléctricos (pp.188) y la realización de un **trabajo** si se vence una resistencia a través de cierta distancia (pp.24), se define la **diferencia de potencial** entre dos puntos (A y B) de un **campo eléctrico** es igual al **trabajo** realizado por las fuerzas eléctricas para transportar la unidad de carga entre esos dos puntos: $V_a-V_b=W/q$ (pp.192).

El voltio es la **diferencia de potencial** que existe entre dos puntos de un hilo conductor recorrido por una **corriente** de un amperio, cuando se disipa entre esos puntos una **potencia** de un vatio... $V=P/I$ (pp.193).

Libro KS

Cuando en las indicaciones de una estufa eléctrica...se lee 660 W, 220 V ...estos 220 V tienen que ver con la **fuerza de la electricidad** (pp.230).

...Introduce el concepto haciendo un circuito con una lámpara de x W y mide la **intensidad de corriente**...Luego define V como traducción verbal de la fórmula $V= P/I$

...**Significado físico de la diferencia de potencial**: la diferencia de potencial entre bornes representa la **potencia** que puede tener un aparato conectado en ellos, **por cada ampere** que circule por él (pp.231)... si entre dos bornes hay una diferencia de potencial de 220 W/A, ello significa...que si se conecta un aparato y por él circula 1 A, ese aparato trabaja con una potencia de 220 W; si se conecta otro aparato, y por él circulan 2 A, la potencia de éste será de 440 W...

... *V* **representa la energía eléctrica** *W* necesaria para que la **carga de 1C** recorra todo el circuito desde un borne hasta el otro $1V = 1 \text{ J} / 1C$

... Cuando una **carga q** circula entre dos puntos cualesquiera de un circuito **entrega una energía**. La **diferencia de potencial** entre esos puntos es igual al **cociente entre la energía entregada y la carga** que ha circulado (pp 234).

La fórmula del campo eléctrico $E = -(V_a - V_b)/l$, donde *l* representa longitud, solo aparece en el texto ZS, siendo notable la falta de integración conceptual entre *V* y el papel del campo eléctrico en la transformación de energía. Otra vez, se pierde la oportunidad de *interpretar V desde el punto de vista energético*, siendo poco probable que un lector de las edades a las que se dirige la muestra pueda hacerlo por sí mismo en situaciones que lo demanden. La cuestión del cambio de signo en el tratamiento de una transformación energética, sin duda es un aspecto formal que requiere ayuda para la explicación del fenómeno físico.

La variación de *V* en relación con la energía potencial es expresada por el texto KS como $V_a - V_b = W/q$, y figura acompañado con el enunciado de ideas alternativas tales como que la *energía es entregada por la carga* y que *V tiene que ver con la fuerza de la electricidad*. Resulta difícil interpretar a qué se refiere con esta fuerza. Quizás fuerza coulombiana, fuerza debida al campo eléctrico, fuerza que se traslada durante el trabajo eléctrico, u otras que un lector novel pueda imaginar desde los textos que consulta. En relación con la definición de unidad de medida, el voltio, los textos AS y KS lo derivan de potencia eléctrica, $P = V \cdot I$. Otros lo expresan en términos de Joule y Coulomb, sin duda medidas poco usuales en la vida cotidiana. La siguiente Tabla 4.8 muestra aspectos característicos de la construcción del concepto de diferencia de potencial, en textos de ESP, de edición anterior a la reforma.

Textos ESP, de edición anterior (15 a 17 años)						
Construcción del concepto de diferencia de potencial						
Textos	Analogía	Campo eléctrico	Fuerza eléctrica	Trabajo eléctrico	Formulación	Energía
LS	Gravitatoria	Región del espacio	-	Realizado para transportar <i>q</i>	$V_a - V_b = L_{ab}/q$ $W = (V_a - V_b) \cdot I \cdot t$ $W = I^2 \cdot R \cdot t$	-
ZS	Gravitatoria Gota de electricidad	$= \Delta V$ por unidad de longitud $E = -(V_a - V_b)/l$	-	$= -\Delta E_{pe}$	$V_a - V_b = L_{ab}/q$	-
AS	-	Región del espacio	<i>F</i> realiza trabajo al transportar <i>q</i>	Vencer resistencia en una distancia	$V_a - V_b = W/q$ $V = P/I$	-
KS	-	-	<i>V</i> tiene que ver con la fuerza de la electricidad	-	$V_a - V_b = W/q$ $V = P/I$	Entregada por la carga

Tabla 4.8: Diferencia de potencial. Construcción del concepto, en Textos ESP, de edición anterior

En textos de edición durante Reforma

Los textos de la muestra investigada editados para Polimodal, construyen el concepto de diferencia de potencial basándose en la analogía con el campo gravitatorio. En relación con éste presentan el campo eléctrico con diversas definiciones, tal como *zona del espacio* donde se ejercen fuerzas eléctricas (EP), *magnitud física* asociada a la *posición* en el espacio (SP) y *efecto* producido por una carga sobre el espacio (PP).

En todos los casos, el campo eléctrico se presenta, tal como indicara Campanario (2001), relacionado con la existencia de fuerza eléctrica $F=q_0.E$, no deslindándose la cuestión epistemológica de concebir campo eléctrico independientemente de recurrir a la ley de Coulomb.

El enfoque coulombiano es preponderante, además trasluce la construcción de la electrocinética a partir de la electrostática, sosteniendo que toda manifestación energética tiene que ver con la fuerza que aparece *entre* cargas. Está ausente el enfoque de campo eléctrico que permite pensar en términos de campo de fuerzas eléctricas, con independencia de la existencia de carga en un punto.

Sin duda la verbalización es más profusa que lo que aparecía en textos del ex Secundario. La ampliación discursiva deja descubiertas ideas alternativas, analogías, nomenclaturas y expresiones poco académicas. Aunque resulten un poco extensos, se transcriben detalladamente para formar una idea sobre lo expresado.

Libro PP

*...el **campo eléctrico** es el **efecto** que produce una carga eléctrica sobre el espacio que la rodea...Las **fuerzas** surgen como **efecto de interacción** entre una **carga** y el **campo** generado por otra, $F=q.E$... por Ley de Coulomb $E=(k.q.Q/d^2)/q$ (pp. 182).*

*...toda **manifestación de la energía eléctrica** es una **consecuencia de las fuerzas** que ejercen **entre sí** las **cargas**...Si se coloca una **carga** de prueba **en un campo eléctrico** aparecerá una **fuerza** sobre ella. Si la carga está libre **se acelerará** en la dirección del campo **ganando energía cinética**. El principio de **conservación de la energía** asegura que la **energía cinética que adquiere** la partícula debe ser **igual** a la cantidad de otra tipo de **energía que pierde**... Esta es la **energía potencial eléctrica**...Como el **cambio de la energía cinética** de una partícula cualquiera **es igual al trabajo** que las **fuerzas** aplicadas sobre ella **realizan** en el trayecto considerado...se puede concluir que el **cambio de la energía potencial eléctrica** no es otra cosa que el **trabajo (cambiado de signo)** que **hace el campo eléctrico sobre una carga** que en él se mueve... $W=F.d$ (F de interacción eléctrica entre el campo eléctrico y la carga), $W=q.E.d$...variación de energía potencial $E_{pe}=-q.E.d$ representa la **energía potencial eléctrica que entrega o almacena una carga q** al desplazarse una distancia de dentro de un campo eléctrico uniforme E (pp. 186).*

...La **diferencia de potencial eléctrico** entre dos puntos se calcula como el **trabajo** (cambiado de signo) que un **campo** ejerce sobre una carga de 1C que en él **se desplaza**...Representa el **cambio de energía por unidad de carga**... $V = E_{pe}/q$ (pp. 187).

Libro EP

Por analogía con campo gravitatorio como aquella zona del espacio...define el **campo eléctrico** se produce **en torno** de una carga eléctrica puntual **q**. Existe allí una **zona del espacio** donde **si se coloca** otra carga **q'** **se ejercerán fuerzas eléctricas** mutuas...Luego partiendo de Ley de Coulomb formula la intensidad del campo E (pp.190).

...La **energía potencial gravitatoria** es la **capacidad** de realizar **trabajo (L)** que **tiene una masa** colocada a cierto **nivel** dentro del **campo gravitatorio**...Del mismo modo **para mover** una carga **q'** dentro de un **campo eléctrico E** es preciso hacer cierto **trabajo**, el que se **almacenará en q'** como **energía potencial eléctrica**...define V como una **magnitud** que dé cuenta de la variación de la **energía potencial eléctrica** E_{pe} por unidad de carga... $\Delta V = \Delta E_{pe}/q'$... ΔV se denomina **diferencia de potencial eléctrico** y se define como el **trabajo** realizado por la **fuerza eléctrica** entre dos puntos cualesquiera de un **campo eléctrico E** por unidad de **carga transportada** en dichos puntos...V representa la **energía potencial eléctrica por unidad de carga en un punto determinado del campo eléctrico** (pp.191).

Libro SP

Análogo con el campo gravitatorio...la presencia de una carga eléctrica otorga características diferentes al espacio que la rodea. Aún no sabiendo que una carga **"anda por ahí"**, podríamos **inferir su presencia** observando **qué le ocurre a otra carga** que pongamos en sus inmediaciones...un **campo es una magnitud física** que se **asocia con cada posición** en el espacio...el **espacio** que rodea a una carga eléctrica **está lleno de un campo eléctrico**...Una carga que se acerque a la zona donde se extiende el campo eléctrico **...experimenta una fuerza** que se relaciona con el campo, $F = q_0 \cdot E$ (pp. 197).

...para desplazar una piedra contra el campo gravitatorio terrestre, se requiere un **trabajo que se almacena en la piedra en forma de energía potencial gravitatoria**...podemos afirmar que para **desplazar una carga contra un campo eléctrico**, se requiere realizar un **trabajo que se almacena en la carga en forma de energía potencial eléctrica** (pp.198).

...el **trabajo realizado contra la fuerza eléctrica**, para llevar q_0 desde un punto infinitamente alejado hasta una distancia r de la carga q , **queda almacenado en q_0 en forma de energía potencial eléctrica** $U = K_e \cdot q_0 \cdot q/r$ (pp.199).

...define una nueva magnitud, llamada potencial eléctrico (V) que representa la **energía potencial por unidad de carga**, $V = U/q_0$ o $V = K_e \cdot q/r$.

V depende, para una determinada carga q , solamente de la distancia a dicha carga. Es decir que el **potencial eléctrico es un campo porque tiene un valor determinado para cada punto del espacio** (pp.200).

Es común el enfoque de recurrir al trabajo eléctrico que realiza una fuerza eléctrica o el campo (según PP), al desplazar una carga entre dos puntos del campo eléctrico. El trabajo eléctrico se aborda en relación con la energía potencial eléctrica, sosteniendo que ésta se **almacena en la carga** desplazada. Cuestión que por analogía con el campo gravitatorio se relaciona con la idea alternativa de que la energía potencial se almacena en el cuerpo que está a cierta altura.

El texto PP formula $W = F \cdot d$ aportando una mirada mecanicista del trabajo eléctrico, dependiente de una fórmula que suple el significado del proceso de transformación de energía. De este modo se presenta la **energía potencial**

eléctrica ($\Delta E_{pe} = -q \cdot E \cdot d$) como la que *pierde la carga* y que *gana* como energía cinética, fundamentando este balance de *perder* y *ganar* energía en la conservación de la misma. Enunciar la conservación en términos de ganar y perder, resulta un discurso contradictorio para el lector.

Así el concepto de *diferencia de potencial* queda expresado en los textos de Polimodal como la *energía potencial eléctrica por unidad de carga en un punto determinado del campo eléctrico*, con diversa nomenclatura a saber: $V = E_{pe}/q$, según textos PP y EP, y $V = U/q_0$, según texto SP. Queda en evidencia la diferente nomenclatura para indicar la energía potencial eléctrica (E_{pe} y U) que en textos del ex Secundario se indicaba W . En cambio W , en la nueva bibliografía, indicar trabajo eléctrico. Los estudiantes deben interactuar con esta diversidad.

El texto PP conceptualiza V en relación con la variación de energía potencial eléctrica que, a su vez, se considera que es trabajo eléctrico realizado por el campo eléctrico sobre una carga. Mientras EP, presenta V como el trabajo eléctrico que realizan las fuerzas entre dos puntos del campo eléctrico. En Tabla 4.9 se sintetiza los aspectos relevantes de este análisis aplicado a textos de ESP editados durante la reforma.

Textos ESP, de edición durante Reforma (15 a 17 años)						
Construcción del concepto de diferencia de potencial						
Textos	Analogía	Campo eléctrico	Fuerza eléctrica	Trabajo eléctrico	Formulación	Energía
PP	Gravitatoria	Efecto $E = (k \cdot q \cdot Q / d^2) / q$	Efecto interacción carga- campo $F = q \cdot E$ F acelera a q Ley Coulomb	Realizado por el campo sobre carga que se mueve... $W = F \cdot d = q \cdot E \cdot d$	Trabajo (cambiado de signo) que un campo ejerce sobre una carga de $1C$ que en él se desplaza.. $V = E_{pe}/q$	q gana $E_c = E_{pe}$ que pierde ΔE_c de una partícula = Trabajo realizado por F en el trayecto $\Delta E_{pe} = - q \cdot E \cdot d$
EP	Gravitatoria	Zona del espacio $E = F/q'$	Ley Coulomb	Necesario para mover q' en el campo. Se almacena en q' como $E_{potencial}$, E_{pe}	$\Delta V = \Delta E_{pe}/q'$ ΔV ...energía potencial eléctrica por unidad de carga en un punto del campo ΔV ...trabajo realizado por F entre dos puntos del campo por unidad de carga transportada en dichos puntos.	
SP	Gravitatoria	Magnitud asociada a posición en espacio... Llena el espacio.	$F = q_0 \cdot E$ Ley Coulomb	Necesario para mover q' en el campo. Se almacena en q' como $E_{potencial}$, U	$U = K_e \cdot q_0 \cdot q/r$ $V = U/q_0$ $V = K_e \cdot q/r$ V ...energía potencial por unidad de carga V es un campo, tiene un valor para c/punto del espacio	

Tabla 4.9: Diferencia de potencial. Construcción del concepto, en Textos ESP, de edición durante Reforma

Se ha puesto de manifiesto la complejidad conceptual de la diferencia de potencial eléctrico, sumada a la diversidad de definiciones, muchas veces logradas a través de razonamientos circulares en sí mismos, y utilizando diferentes nomenclaturas. A pesar de ello, queda explícito que la diferencia de potencial es un concepto fuertemente ligado a la cuestión energética, por lo que toda argumentación sobre el fenómeno de transformación de energía eléctrica debería tener en cuenta la operativización de V.

4.1.2.1.c Conclusiones sobre construcción concepto Diferencia de Potencial

En Tablas anteriores (Tablas 4.7; 4.8 y 4.9) se muestran las características de la construcción del concepto de diferencia de potencial en los diferentes libros de texto dirigidos a alumnos de 12 a 17 años.

Prácticamente la totalidad de los textos de ESB recurre a analogías para la explicación del concepto, analogía hidráulica en 8vo. y a partir de 9no se instala la analogía gravitatoria. En 8vo. año se asocia el concepto de diferencia de potencial al elemento fuente de tensión, por ejemplo la pila, y éste directamente con la existencia de corriente eléctrica. Asociaciones que de no ser interpretadas correctamente podrían conducir a otra asociación alternativa entre fuente y corriente eléctrica.

En algunos casos aparece la mención a la energía como parte de la explicación del concepto de diferencia de potencial. Algún texto lo hace desde el punto de vista de energía *dada* y aplicada a algo que denomina *electricidad* (E8). Otros recurren a la energía potencial *perdida* o transformada aplicada a cargas eléctricas (S9 y P9).

Textos de ex Secundario y Polimodal, sobre la analogía gravitatoria, introducen el concepto de campo eléctrico avanzando luego sobre fuerza y trabajo eléctricos hasta definir la diferencia de potencial en función de la energía potencial eléctrica por unidad de carga desplazada. A pesar de tal explicación verbal, el énfasis está puesto en la estrategia matemática y circular de definir campo eléctrico, energía potencial eléctrica y diferencia de potencial eléctrico, uno en función de otro.

Integrar significativamente el campo eléctrico que asocia un valor en cada posición del espacio, la fuerza eléctrica concebidas desde el punto de vista de interacción entre carga y campo, el trabajo eléctrico, la energía potencial eléctrica, la energía cinética y la conservación de energía, para definir un concepto que también conlleva la idea de campo, en este caso de potencial eléctrico, seguramente es un proceso de alto demanda cognitiva que parece no resolverse en el ámbito de textos escolares. El tratamiento realizado por los textos sobre el concepto de diferencia de potencial es poco claro y se aleja de presentar un modelo de razonamiento integrador.

Hemos de señalar notar que la investigación didáctica ha mostrado la complejidad de construir el concepto de energía. Sin embargo, se pretende construir el concepto de energía potencial eléctrica por analogía con la energía potencial gravitatoria y, a partir de ello, el concepto de diferencial de potencial.

4.1.2.2. Construcción de concepto de Corriente eléctrica e Intensidad de corriente (I)

En el presente apartado se analiza el discurso utilizado por los textos para la construcción del concepto de corriente eléctrica y de intensidad de corriente eléctrica.

Algunas de las ideas y dificultades de aprendizaje relacionadas con la *corriente eléctrica* fueron señaladas por Pozo y Crespo (1998):

La corriente eléctrica se concibe como un fluido material que se almacena en la pila y se consume en la bombilla, los cables tan sólo serían el vehículo que permite trasladar de un sitio a otro la corriente (pp.242).

En cuanto al razonamiento de las *interacciones* en un circuito donde circula corriente eléctrica ambos autores sostienen:

*El alumno...no acepta necesariamente que sea un sistema de interacción en el que cualquier **cambio puede afectarle de modo global**. Más bien parece que los estudiantes tienden a **analizar localmente y por separado cada de las partes del circuito**, de forma que interpretan que **la energía o la corriente**, según los casos, **va gastándose** o debilitándose al atravesar los distintos elementos que lo componen...se traduciría que a la pila regresa menos **corriente** que la que suministra inicialmente, porque **se gasta en la bombilla** (modelo de gasto de corriente)...Cuando los circuitos se complican con más de una bombilla...la segunda bombilla luciría menos que la primera...Es lo que se ha llamado el **razonamiento secuencial** (pp.245).*

También señalan:

*La teoría física explica que ese **movimiento de las cargas** se produce a partir de una diferencia de potencial entre dos puntos...los alumnos necesitan encontrar un **mecanismo causal** que explique ese movimiento. Lo encuentran en algo mucho más sencillo, saben que las **cargas eléctricas se mueven cuando las repele una carga del mismo signo o cuando las atrae otra de signo contrario**. A partir de esto **tienden a atribuir cargas eléctricas a los polos de las pilas**...la corriente se establecería porque en el polo negativo existen cargas negativas que repelen a los electrones y en el polo positivo hay cargas positivas que atraen a los electrones... (pp 247).*

Evidentemente el concepto de corriente eléctrica se construye sobre la idea de *movimiento*, el cual dentro del esquema de razonamiento del modelo cinético molecular, según Domínguez Castiñeiras (2000, pp.121-124) supone un subesquema relacionado con energía cinética y velocidad de las partículas, disponible, en la presente memoria, en Figura 2.1, pp.75. En relación con ello algunos textos, mencionan diversas *velocidades* (de electrones, de arrastre, de propagación del campo) sin distinguir hasta donde es posible de aplicar la analogía. Igualmente, es importante rescatar los aspectos que hacen notar Pozo y Crespo, en el trabajo citado, respecto a la idea de los alumnos sobre *velocidad*, ya que ésta cumple un papel fundamental en la justificación del problema auténtico planteado en esta investigación.

*Comprender el concepto de **velocidad**, implica establecer una relación directamente proporcional con el desplazamiento del móvil e inversamente proporcional con el tiempo empleado en ese desplazamiento. Esta **doble relación encuentra una oposición** fuerte por parte de muchos **alumnos** que....**tienden a centrarse en la relación entre la velocidad y una sola de las variables**...en este caso, de **desplazamiento (la más sencilla puesto que es relación directa)** (pp.240).*

4.1.2.2.a Textos ESB

Libro E8

Así como las bombas impulsan el agua a través de los caños, las pilas bombean electricidad a través de los cables. Esta electricidad puesta en movimiento por las pilas se llama corriente eléctrica (pp. 104).

El libro E8 trata la corriente eléctrica utilizando la analogía hidráulica a partir de la cual se quiere dar sentido, por un lado, a la función de la pila eléctrica análoga a una bomba hidráulica, y por otro a la electricidad en movimiento que denomina corriente eléctrica y es análoga a un fluido, en este caso, agua. No se encuentra en este libro mención a la intensidad de corriente eléctrica, recurriendo

al término corriente eléctrica aún en algunos casos que correspondería indicar intensidad de corriente eléctrica.

Libro S8

*...la corriente eléctrica transporta una forma de energía: la energía eléctrica. Esta energía es transformada en otros tipos de energía por los aparatos que funcionan con la electricidad... Por ejemplo **la estufa la transforma en energía térmica**... (pp. 57).*

...La corriente eléctrica es el flujo de cargas eléctricas a través de un medio material... las cargas eléctricas presentes en el interior de los átomos de los cables se encargan de realizar el transporte de energía desde la pila hasta el receptor...la corriente eléctrica será de mayor intensidad en el circuito de menor resistencia (pp.58).

En el libro S8 la corriente eléctrica se conceptualiza como un flujo de cargas eléctricas que transporta energía eléctrica *desde la pila al receptor*. Destaca que en ciertos aparatos la energía eléctrica se transforma en otra forma de energía, tomando la estufa como ejemplo donde se transforma en energía térmica.

Respecto a la intensidad de corriente, no la define pero sí la cuantifica en relación inversa con la resistencia.

Podría suponerse que el discurso de este texto brinda algunos elementos que permitirían razonar que cuanto menor es la resistencia mayor es la intensidad de corriente eléctrica y, en consecuencia, podría haber mayor transformación de energía.

Libro E9

...Cuando las cargas se mueven, se produce una corriente eléctrica, también llamada corriente eléctrica

*...Si permanecen durante una hora a un lado de una avenida y cuentan los automóviles que pasan por allí en ese lapso, al concluir habrán determinado la intensidad del tránsito en la avenida. De modo similar, para determinar la intensidad de la corriente eléctrica se cuenta la **cantidad de cargas** que pasan por **un lugar** durante un segundo. Aunque las cargas, a diferencia de los automóviles, no se ven, hay instrumentos que permiten contarlas (pp. 66).*

En el libro E9 la corriente eléctrica aparece como movimiento de cargas. Introduce la intensidad de corriente eléctrica a través de la analogía de *contar automóviles en una avenida* en un cierto tiempo, donde las cargas son los análogos de los automóviles. Parecería que el límite de la analogía consiste sólo en el hecho de que los automóviles son observables y las cargas no.

Libro S9

Los materiales conductores poseen electrones u otras partículas cargadas con la capacidad de moverse a través de ellos. Por ej.: los metales (pp.68)... $V=I.R$, siendo V = potencial; I = intensidad de corriente; R = resistencia (pp.74).

El libro S9 aborda la corriente eléctrica en relación con la *capacidad* que tienen los electrones u otras partículas cargadas de moverse en los materiales conductores.

Es importante notar que la intensidad de corriente aparece en la fórmula de la ley de Ohm, pero sin definirla previamente. Es posible entonces que intensidad de corriente quede ligado a la idea de corriente eléctrica como capacidad de movimiento de las partículas cargadas, con ausencia de su componente cuantitativo.

Libro P9

De la misma forma que el agua en movimiento de un río se la llama corriente de agua, un movimiento de cargas eléctricas se denomina corriente eléctrica.

La corriente eléctrica es un movimiento de cargas eléctricas a través de un conductor (pp.202).

*...La intensidad de una corriente eléctrica es **la cantidad de carga eléctrica** que atraviesa una **sección** de un conductor por unidad de tiempo (pp.203).*

El libro P9 introduce la corriente eléctrica a través de la analogía con corriente de agua en un río, quedando el movimiento de las cargas eléctricas asociado al movimiento del agua. Continuando con la analogía hidráulica, también la intensidad de corriente queda asociada al caudal de agua. En Tabla 4.10, se sintetiza los resultados relevantes del análisis aplicado a textos de ESB.

Textos ESB (12 a 14 años)				
Construcción de concepto, Corriente Eléctrica e Intensidad de corriente eléctrica				
Textos	Corriente Eléctrica			Intensidad de corriente
	Analogía	Asociaciones	Movimiento de	
E8	Hidráulica	Pilas (bombas de electricidad)	Electricidad	
S8	Hidráulica	Cargas – transportadoras de energía eléctrica Aparatos – transformación de energía	Flujo de cargas eléctricas	Inversa de la resistencia
E9	Mecánica		Cargas	Analogía con cantidad de automóviles en una avenida en un cierto tiempo
S9			Electrones o partículas cargadas	Ley de Ohm
P9	Hidráulica		Cargas eléctricas	Analogía con caudal de agua

Tabla 4.10: Corriente eléctrica e Intensidad de corriente eléctrica.
Construcción del concepto, en Textos ESB

4.1.2.2.b Textos ESP

En textos de edición anterior

Libro LS

La corriente eléctrica es un **flujo** de electrones que se desplaza a través de un conductor con sentido contrario al del vector **campo eléctrico** (pp.278).

La intensidad de una corriente eléctrica es el **cociente** entre la **cantidad de electricidad** que pasa por una **sección** del conductor y el **tiempo** en el que ese **pasaje** se produce (pp.279).

En el texto LS, resulta interesante que la corriente eléctrica se conceptualice combinando el modelo hidráulico, ya que la considera *flujo de electrones*, y el modelo de *campo*, al cual recurre para indicar el *sentido* del desplazamiento. Según se ha visto anteriormente, este tratamiento realizado por este texto es similar a los cuestionados por la investigación educativa.

Indica que la intensidad de corriente es un *cociente* establecido entre *cantidad de electricidad* y el *tiempo de pasaje*, por una determinada sección, no traducándose a la formulación simbólica dicha expresión verbal de I.

Libro ZS

...el movimiento de los electrones es una corriente eléctrica...un conductor metálico tiene millones de iones positivos rodeados de una especie de **mar de electrones libres negativos**... **se mueven** en el conductor en **forma desordenada**, dando lugar a lo que **llamamos agitación térmica**. Su velocidad **promedio es de unos 300 km/s en todas las direcciones**... Si de pronto se aplica en el conductor un **campo eléctrico** los electrones se **aceleran**.

...**los electrones tienden a moverse en una dirección y sentido**, de acuerdo con lo que imponen las **fuerzas del campo eléctrico**...

La velocidad v_r resultante de v_t (velocidad de agitación térmica) y de v_c (velocidad adquirida a causa del campo eléctrico)... **es muy pequeña**.

Los **electrones** en su movimiento **chocan** con los iones positivos y transfieren energía y cantidad de movimiento: por ello **se mueven lentamente** (pp.29).

...podemos determinar la **intensidad de I** haciendo el **cociente** entre la **cantidad de carga eléctrica** ΔQ que pasa por una sección S del conductor y el **intervalo de tiempo** Δt que tardó en pasar la carga por esta sección $I = \Delta Q / \Delta t$ (pp.31).

El texto ZS introduce el concepto de corriente eléctrica a través del *modelo de conductor metálico* donde un **mar de electrones libres**, que se mueven en forma desordenada, tiende a moverse en una *dirección y sentido* al aplicarse un **campo eléctrico**. Haciendo referencia a distintas velocidades, una de ellas muy alta, que dan una velocidad resultante de desplazamiento muy pequeña debido a acciones de choque.

Nótese que la intensidad de corriente eléctrica se la denomina con la redundancia *intensidad de I*, que es decir intensidad de la intensidad..., presentándola en forma operativa como un **cociente** entre **cantidad de carga eléctrica ΔQ que pasa por una sección S del conductor y el intervalo de tiempo Δt que tardó en pasar.**

Libro AS

*La intensidad de una corriente eléctrica está dada por el **número de electrones o carga eléctrica que pasa en cada unidad de tiempo por la sección de un conductor...** $I = n^\circ \text{ de electrones} / 1 \text{ segundo}$ o sea... $I = q/t$ (pp.210).*

*...La corriente eléctrica es un **flujo** de electrones libres que, por ello, adquieren determinada energía cinética (pp.231).*

El texto AS construye la idea de corriente eléctrica análogamente al modelo hidráulico, parecería considerar a los electrones libres como portadores de energía cinética.

Formula la intensidad de corriente eléctrica como $I = q/t$, pero llama la atención que se signifique q como *número* de electrones ($I = n^\circ \text{ de electrones} / 1 \text{ segundo}$), lo que es distinto a cantidad de carga.

La asociación corriente eléctrica y energía cinética conlleva la referencia a velocidad de desplazamiento de los electrones libres, pero nada se explicita sobre ello.

Libro KS

*..los **metales** tienen muchos **electrones libres**, es decir que **no** están formando parte de los electrones planetarios de los átomos (pp 211).*

El texto KS inicia el tema corriente eléctrica realizando una analogía con la corriente de agua, pero luego indica,

*la corriente eléctrica debe interpretarse que **los electrones no recorren totalmente el conductor sino que sucede como si los electrones que pasan de la máquina electrostática a los electrones libres que hay dentro del alambre, e hicieran salir por el otro extremo un cierto número de electrones igual al que entró...** Define: una corriente eléctrica es un **flujo de electrones a través de un conductor** (pp. 215).*

Hace referencia a la **velocidad de transporte de la energía eléctrica** (alta velocidad) y explicita que los electrones se desplazan con una velocidad muchísimo menor (pp 216).

Define **intensidad de una corriente eléctrica al cociente entre la cantidad de electricidad que pasa por una sección del conductor y el tiempo que emplea en pasar** (pp. 221).

El texto KS aborda el concepto de corriente eléctrica respaldado en la analogía hidráulica combinada con la electrostática sobre un modelo de conductor metálico.

Explica el fenómeno como la entrada de electrones por un extremo que hace *salir* a otros por el otro extremo del alambre. Relaciona con ello una determinada velocidad de transporte de energía eléctrica, con valor alto, y la diferencia de la velocidad de desplazamiento de los electrones que es baja.

Define operativamente la intensidad de corriente eléctrica como el cociente entre la cantidad de electricidad y el tiempo empleado en pasar por una determinada sección. Se muestra en Tabla 4.11, la información que caracteriza la construcción del concepto de corriente eléctrica e intensidad de corriente, en los textos de ESP, de edición anterior a la reforma.

Textos ESP, de edición anterior (15 a 17 años)						
Construcción de concepto, Corriente Eléctrica e Intensidad de corriente eléctrica						
Textos	Corriente Eléctrica			Intensidad de corriente		
	Analogía	Asociaciones	Movimiento de ...	Fórmula	verbal	v_d
LS	Hidráulica	Campo eléctrico	electrones	-	Cociente entre cantidad de electricidad y tiempo de pasaje, por sección	-
ZS	Híbrido gaseoso	Campo eléctrico – modelo conductor metálico - mar de electrones	e libres	$I = \Delta Q / \Delta t$	Cociente entre cantidad de carga eléctrica y el intervalo de tiempo, por sección	v_d , muy pequeña = suma vectorial de v agitación térmica (aprox.300 Km/s) y v debida al campo eléctrico.
AS	Hidráulica	Energía cinética	e libres	$I = q/t$	Número de electrones por unidad de tiempo, por sección	-
KS	Hidráulica	Electrostática Modelo conductor metálico	e libres	-	Cociente entre cantidad de electricidad y tiempo de pasaje, por sección	v_d , muy pequeña v transporte de energía eléctrica, alta

Tabla 4.11: Corriente eléctrica e Intensidad de corriente eléctrica. Construcción del concepto, en Textos ESP, de edición anterior

En textos de edición durante Reforma

Libro PP

No todos los **materiales transmiten la carga eléctrica**...Los átomos que forman los conductores tienen sus **capas exteriores**, con **electrones** que pueden **desprenderse** fácilmente y moverse a través del material...(pp.179).

...los cables **transportan energía** eléctrica **desde** la fuente **hasta** el resto de las partes del circuito... los **electrones libres** del conductor **adquieren energía** suministrada por la fuente, que **les permite desplazarse**, ese **desplazamiento o flujo de cargas eléctricas es la corriente eléctrica**.

...Se llama intensidad de la corriente eléctrica a la cantidad de carga eléctrica por unidad de tiempo que pasa por una sección del conductor (pp.198).

*...para que circule una corriente eléctrica en un conductor es necesario que haya una **diferencia de potencial** eléctrico entre sus extremos, de manera similar al **desnivel** que debe haber en una **cañería** para que el agua circule por ella. La **energía entregada** por la fuente a una carga de valor 1 C que la atraviesa se llama **fuerza electromotriz** $fem = E/q$ (pp.199).*

El texto PP aborda el modelo de conductor metálico instalando la idea de existencia de electrones libres que se pueden mover a través del material debido a energía adquirida, de aquella que proviene de fuentes *suministradoras de energía*. Esa energía permite el *desplazamiento* o *flujo* de electrones que define como corriente eléctrica.

Por analogía con un circuito hidráulico, se señala que la circulación de corriente eléctrica ocurre por la existencia de una *diferencia de potencial*. Sin desprenderse de la analogía ni diferenciarla suficientemente, sorprende la abrupta manera de introducir la cuantificación de transferencia energética entre fuente y carga, todo ello a través de la mención del concepto de *fuerza electromotriz* como *la energía entregada por la fuente a una carga*, $fem = E/q$. La investigación educativa ha mostrado que la idea de *fem* supera la mera enunciación de su fórmula, sin embargo para el texto parece que ello fuera suficiente.

Libro EP

*...la corriente eléctrica está compuesta del mismo tipo de carga que se manifiesta en los fenómenos **electrostáticos**...las cargas están en movimiento...se trata de un **flujo** de cargas...De acuerdo con las **teorías acerca de la estructura de los átomos**...los **electrones de las capas exteriores de los conductores** pueden moverse fácilmente...ese movimiento electrónico es desordenado...Bajo ciertas condiciones, se genera una **corriente eléctrica** cuando se consigue que ese **movimiento** sea **ordenado**...Para ordenar el movimiento de los electrones es preciso que haya una **diferencia de potencial**, llamada voltaje, entre esos puntos (pp.214).*

*...los electrones se mueven...en ese movimiento hay **pérdida de energía** debido a los **choques** de los electrones contra los átomos del metal que forma el cable. Esa energía que pierden los electrones es repuesta por la pila, hasta que finalmente se agota...La intensidad de una corriente se define como la **cantidad de carga q** que **atraviesa la sección** de un conductor **en cierto intervalo de tiempo t** (pp.215).*

El texto EP introduce la idea de corriente eléctrica como flujo de cargas combinando referencias de electrostática y analogía hidráulica. Luego, basado en un modelo de conductor metálico, condiciona la existencia de corriente eléctrica al establecimiento de un movimiento ordenado por aplicación de una diferencia de potencial.

A pesar de que se presenta la corriente eléctrica como sinónimo de movimiento ordenado, versus movimiento desordenado, se sostiene la existencia de choques entre electrones y átomos, aunque supone que son los electrones de las capas exteriores los que se mueven. Choques que sirven para esgrimir un enfoque alternativo de intercambio energético en términos de pérdida, reposición y agotamiento de energía.

La intensidad de corriente se define verbalmente de una manera que podría llevar a una interpretación incorrecta, ya que manifiesta que *I es la cantidad de carga en un cierto tiempo*, cuyo significado es distinto que cantidad de carga por unidad de tiempo. Aunque podría parecer poco significativo hacer notar esta diferencia discursiva, no lo es ya que podría interpretarse *I* como una cantidad de cargas, en vez de una relación entre carga y tiempo.

Libro SP

En texto SP, sin solución de continuidad aparecen en el discurso diversos modelos analógicos. A modo de ordenar el análisis lo haremos por episodios intentando poner de manifiesto los resultados del análisis de cada uno de los modelos. En principio se encuentra la analogía con el modelo hidráulico. Se vuelve a destacar que quizás podría parecer un poco extensa la transcripción incorporada, pero su lectura seguramente ayudará a tomar la dimensión que ocupa el pensamiento análogo en el desarrollo conceptual de la corriente eléctrica e intensidad de corriente eléctrica, en este libro de texto de amplia difusión y utilización en la actualidad en las aulas de enseñanza de la Física para estudiantes de 15 a 17 años.

Durante el análisis de este texto, en muchas ocasiones, nos costó dar crédito a lo que leíamos, ya por las ideas contenidas o por la estructura del discurso utilizado.

*...en los metales los **electrones exteriores de los átomos** no están ligados a ningún núcleo en particular y se mueven libremente “**sueltos**”...son portadores de carga...la **corriente eléctrica** es el **flujo** de carga eléctrica, que... **circula** desde el generador hacia las placas...
...la **corriente (I)** que circula por un material conductor está determinada por el **cociente** entre la **cantidad de carga q** que **atraviesa** una cierta **sección** del conductor en un determinado **intervalo de tiempo(t)** ... $I=Q/t$...la **corriente eléctrica** es una **magnitud escalar** (pp.203).*

...el **agua fluir**á mientras exista una **diferencia en los niveles** de dos depósitos de agua...Análogamente, cuando los extremos de una barra conductora de la electricidad que se encuentran a **diferente** valor de **potencial eléctrico**, la **carga fluye** a través de la barra (pp.217).

...Si tenemos en cuenta que la corriente es un **flujo de cargas por** un conductor, tiene sentido decir la corriente que **pasa** por la lamparita...Aclaración sobre **cuestiones gramaticales...decimos que la corriente fluye** por el circuito, pero no es la corriente la que **fluye** sino las **cargas** (pp.218).

...Los sistemas de calefacción central constan de radiadores por los que circula agua caliente gracias a una bomba...El flujo de agua depende de la presión que es capaz de ejercer la bomba, ...y de la resistencia que opongan al paso del fluido...En un circuito eléctrico, el flujo de cargas se comporta de la misma manera...la corriente eléctrica depende de la **fem**, de la cantidad de componentes que haya en el circuito, de cómo están distribuidos los componentes y de la resistencia que opongan al paso de las cargas.

Haciendo notar las siguientes limitaciones de la analogía **flujo de agua/flujo de cargas**...

- ✓ Si **cortamos la tubería** el agua sigue circulando desde la bomba hasta donde se abrió la tubería, y se derrama vs. Si **cortamos el cable** el flujo de cargas se detiene.
- ✓ Las **canillas** son interruptores de fluido se deben abrir para que circule el agua vs. el **interruptor** del circuito eléctrico debe cerrarse para que circule la corriente.
- ✓ En el caso de los radiadores el agua transporta la energía en forma de calor vs. En circuito eléctrico el campo eléctrico transporta la energía y no las cargas...es el campo eléctrico el que **produce el flujo de cargas, la corriente** (pp.225).

Este texto SP, aborda la corriente eléctrica sobre un modelo de conductor donde en principio concibe el movimiento de electrones libres como un **flujo**, lo que pone de manifiesto la analogía hidráulica la cual se amplía posteriormente indicando diferencia entre circulación de **agua caliente** en un circuito de calefacción y circulación de **carga eléctrica** en un circuito eléctrico.

Define la intensidad de corriente eléctrica I desde un punto de vista matemático... I es el **cociente** entre q y t , pero la denomina simplemente **corriente**. Así indica que la **corriente eléctrica es una magnitud escalar**, cuando seguramente se intenta hacer referencia a intensidad de corriente, I . No distinguir entre corriente eléctrica e intensidad de corriente eléctrica constituye una idea alejada de lo académico, ya advertida por la investigación educativa.

Reiteradas veces se indica que la **carga fluye**, justificándolo por diferencia de potencial eléctrico análogo a diferencia de niveles de agua. En relación con esto también menciona la **fem** como causal, sin distinción conceptual respecto a diferencia de potencial.

A continuación el texto pretende alejarse de la analogía hidráulica, abordando la cuestión desde un punto de vista de transformaciones energéticas en un intento de explicar la velocidad de avance de los electrones en el conductor, aparece así la mención al campo eléctrico. Es lamentable observar cómo el

discurso en vez de resolver satisfactoriamente la explicación, la complica de manera tal que termina introduciendo otra analogía totalmente alejada de lo académico, considera el *transporte de mercaderías desde fábrica a centros de consumo* como análogo a cargas eléctricas consideradas como *cadena de distribución de energía* desde el *enchufe* hasta lámpara eléctrica.

*...cuando encendemos una lámpara, el enchufe permite que se establezca un campo eléctrico en el cable (...del enchufe sale energía, no electrones). El campo eléctrico transporta la energía que hace vibrar a los electrones que están en el filamento de la lamparita...)...la velocidad con que los electrones avanzan por el cable...es de 0,01 cm/s, aproximadamente...¿Por qué la lamparita se enciende casi instantáneamente?...Al conectar la pila, se establece ...un campo eléctrico...que se desplaza...con una rapidez cercana a la de la luz en el vacío, mientras los electrones lo hacen con una rapidez menor...Un campo eléctrico en un punto del espacio tiene almacenada una cantidad de energía. Es decir que por el cable circula la energía almacenada en el campo eléctrico...El campo acelera a los electrones en la dirección del conductor, los portadores de carga chocan con los iones de la red y le ceden parte de su energía. Este movimiento interrumpido provoca que la velocidad de avance de los electrones sea muy pequeña. Y es también la razón por la que los cables se calientan cuando circula corriente por ellos durante cierto tiempo (pp.222).
...las cargas...son...cadenas de distribución de la energía: toman la mercadería de la fábrica y la trasladan hacia el centro de consumo (pp.223).*

Se pone de manifiesto que si bien el movimiento de los electrones se presenta en relación con la aceleración causada por la existencia de un campo eléctrico que *transporta energía*, el nudo de la cuestión es tratar de dilucidar entre velocidad muy alta del campo eléctrico y velocidad muy baja de los electrones acelerados por el primero. Lo resuelve sosteniendo que los *electrones ceden energía* cuando chocan con iones de la red, respaldándose en esa nueva analogía que establece que los electrones son una cadena de distribución de energía tal como si fuera la *distribución de mercadería de una fábrica*.

El discurso del texto tampoco deja de asombrar ya que introduce la primera ley de Kirchoff, cuya sola mención demanda un cierto nivel académico, en términos nada académicos.

Primera ley de Kirchoff...las cargas no se apelotonan (pp.226).

El estudio e interpretación de la conservación de la carga eléctrica es un conocimiento sustantivo en el estudio de circuitos eléctricos. Lamentablemente el discurso alejado de lo académico degrada la ley de conservación de la carga al enunciar que...**las cargas no se apelotonan**. ¿Acaso las cargas son *pelotitas*? ¿Acaso “no se apelotonan” quiere significar que no se juntan en un lugar?. Cargas que no se apelotonan, electrones que se mueven sueltos,

constituyen formas de lenguaje alternativo que un texto destinado a estudiantes de los cursos superiores de Escuela Secundaria no debería utilizar.

A continuación se observa cómo combina la analogía hidráulica con el modelo analógico cinético molecular de un gas, estrategia que resulta útil al texto para la presentación de la ecuación de I en función de *velocidad de arrastre*. El discurso pone en juego distintas velocidades, sin poner en evidencia la relevancia de la velocidad de arrastre en relación con el fenómeno que es motivo de este estudio.

*...una corriente eléctrica es un **flujo de cargas** que circula por un determinado material...las cargas eléctricas pueden **fluir** fácilmente a través de los conductores como los metales...En los metales los átomos se disponen formando una red cristalina y los **electrones exteriores** de dichos átomos **configuran** una suerte de **mar o nube en la que** estos electrones de conducción **pueden moverse** libremente alrededor de los núcleos de la red...Los **electrones libres** en un metal tienen un **movimiento similar** al de las **partículas de un gas** con **velocidades** del orden de 10^5 m/s con dirección aleatoria...Al aplicar una **diferencia de potencial**...los **electrones libres** son arrastrados por la **fuerza eléctrica** en esa dirección con una **velocidad de arrastre** de 10^{-7} m/s ...Como el número de electrones libres es elevado se puede establecer una corriente intensa...La **información viaja** casi a la **velocidad de la luz**...Los **electrones** se **mueven** en respuesta al **campo eléctrico** creado por la fuente...en este proceso los **e colisionan entre sí y con los átomos** del metal..... ecuación de transporte... $I=n.s.v.e$...El **modelo de gas de electrones** como mecanismo de la conducción eléctrica en los metales explica el descenso de la conductividad con el aumento de la temperatura en términos de los **choques de los e libres** con los átomos del metal...los átomos aumentan su vibración en la red ocupando mayor espacio y obstaculizando el avance de los electrones que **disminuyen su velocidad de arrastre** y por lo tanto su conductividad (pp.350).*

Por analogía enuncia la existencia de una *nube o mar de electrones* con movimiento aleatorio similar a las partículas de un gas, que luego asociado a la existencia de diferencia de potencial, campo eléctrico y fuerza eléctrica, justifican el movimiento de las cargas en una dirección.

En un mismo párrafo se mezclan modelos de conducción de epistemología diferente, modelo de fluido, modelo de gas, modelo cinético molecular, modelo de campo. En el mismo también se mencionan las distintas velocidades entre ellas: velocidad aleatoria de electrones, velocidad de arrastre de electrones, velocidad de información. En el caso de la velocidad de arrastre, se indica su bajo valor debido a la existencia de colisiones y choques, que relaciona con el fenómeno de calentamiento.

Plantea $I=n.s.v.e$ que denomina *ecuación de transporte* relacionando I con la velocidad de arrastre, pero queda sólo a nivel de formulación sin aportar una interpretación que dé sentido a la relación.

Finalmente, se pone de manifiesto que el denominado *modelo de gas de electrones* es utilizado para relacionarlo con el aumento de temperatura como causa de la vibración de la estructura interna del conductor, en este caso de los átomos, para volver a presentar la existencia de choques entre electrones y átomos, en este caso para justificar la baja de conductividad eléctrica. Desde ese modelo se salta a la *teoría de bandas* que queda nada más que en una simple mención, para explicar la conductividad eléctrica.

*...la conductividad de los materiales puede ser explicada más a fondo usando la idea de **bandas de energía** en los sólidos (pp.353).*

Nótese que en este texto se combinan analogías y modelos para abordar el concepto de corriente eléctrica a través de una estrategia de explicación *como que...* Sin justificar por qué se pasa de unos a otros, sus limitaciones y mucho menos un desarrollo que fomente la integración conceptual.

Aparecen referencias a distintas velocidades, del movimiento aleatorio de los electrones, del desplazamiento de arrastre de los electrones, del desplazamiento del campo eléctrico. En todos los casos se asocia transporte de energía. La transferencia de energía se localiza en el choque entre electrones contra iones de la red.

Si bien aparece en dicho apartado la mención a la velocidad de arrastre, no se utiliza para la interpretación de la dependencia directa entre distintas v_d y el fenómeno de calentamiento.

El análisis de este apartado ha sido desesperante. Seguir el texto y su análisis en esta memoria seguramente lo es más, debido a que lejos de encontrar un texto de ciencia escolar con adecuada estructura y coherencia, se está frente a un texto con información *amontonada* (Campanario, 2001) que pasa de un modelo a otro sin sustento explícito ni organización de un discurso que aporte la evolución del aprendizaje sobre el tema. ¿Cómo es posible que se permita la edición de libros como este. Parafraseando a Campanario (2003): *¿Qué puede hacer un profesor como tú o un alumno como el tuyo con un libro de texto como éste?* En Tabla 4.12, se muestra los resultados del análisis aplicado a los textos de ESP, editados durante la reforma, en relación con la construcción de los conceptos de corriente e intensidad eléctrica.

Textos ESP, de edición durante la Reforma (15 a 17 años)						
Construcción de los conceptos, Corriente Eléctrica e Intensidad de corriente eléctrica						
Textos	Corriente Eléctrica			Intensidad de corriente		
	Analogía	Asociaciones	Movimiento de	Fórmula	verbal	v_d
PP	Hidráulica	Modelo conductor metálico - diferencia de potencial - fuerza electromotriz (energía entregada a una carga), $fem = E/q$	e libres, adquieren energía	-	Cantidad de carga eléctrica por unidad de tiempo que pasa por una sección	Desplazamiento = flujo
EP	Hidráulica	Electrostática - modelo conductor metálico - diferencia de potencial	e de capas exteriores de los conductores	-	Cantidad de carga q que atraviesa la sección de un conductor en cierto intervalo de tiempo t	Movimiento ordenado debido a diferencia de potencial
SP	Hidráulica Gas Distribución mercadería	Modelo conductor metálico - diferencia de potencial - fuerza eléctrica - campo eléctrico - mar de electrones - choque de electrones y átomos - calentamiento-Bandas de energía	e exteriores de los átomos carga eléctrica fluye e libres	$I = q/t$ $I = n.s.v.e$	I = corriente cociente entre cantidad de carga eléctrica que atraviesa y el intervalo de tiempo, por sección ecuación de transporte, I	v mov. aleatorio de e libres $= 10^5 m/s$ v_d , v arrastre $= 10^{-7} m/s$ v despl. campo eléctrico $= v$ luz

Tabla 4.12: Corriente eléctrica e Intensidad de corriente eléctrica.
Construcción del concepto, en Textos ESP, de edición durante la Reforma

4.1.2.2.c Conclusiones sobre construcción del concepto de corriente eléctrica e intensidad de corriente eléctrica

Las últimas Tablas (Tabla 4.10; 4.11 y 4.12) ilustran la forma en que los textos de la muestra construyen los conceptos de corriente eléctrica y de intensidad de corriente eléctrica.

En la Tabla 4.10 se observa que en los libros de 8vo. año se introduce el concepto de corriente eléctrica a través de una analogía hidráulica y se asocia tanto a la fuente de tensión (pila), como al movimiento de cargas, considerando que éstas transportan energía eléctrica que se transforma en artefactos eléctricos.

La totalidad de los libros de 9no. año introducen el concepto de intensidad de corriente eléctrica. Dos de ellos lo hacen a través de analogías, mientras que el restante (S9) recurre a la ley de Ohm.

Se puso de manifiesto que en los textos de ESB, la corriente eléctrica se conceptualiza desde un modelo de *fluido*, mientras que la intensidad de corriente eléctrica se introduce mediante analogías, mecánicas o hidráulica, o recurriendo

a la Ley de Ohm. Esta última estrategia resulta de utilidad para cuantificar I en relación con R , pero deja sin expresar la definición de I en términos de cantidad de cargas eléctricas, que bien podría ser posible ya que la totalidad de los libros de 9no. año conceptualizan la corriente eléctrica como movimiento de cargas eléctricas.

En los textos del ex Secundario (Tabla 4.11) y Polimodal (Tabla 4.12), se continúa utilizando la analogía hidráulica para el tratamiento de la corriente eléctrica. En algunos casos se la combina con otro análogo, el movimiento de partículas de un gas.

Se justifica el movimiento de las cargas recurriendo al concepto de campo eléctrico o diferencia de potencial que, como ya se ha visto en apartado anterior, se construyen sobre la analogía gravitatoria. Cuatro de los siete textos destinados a estudiantes de 15 a 17 años, asocian energía eléctrica con el campo eléctrico, luego indican que se desplaza el campo o que se transporta energía a una velocidad cercana a la de la luz. También tratan la velocidad de desplazamiento o arrastre de los electrones libres, destacando el bajo valor de dicha velocidad. De estos textos, aquellos que utilizan el modelo gaseoso, también establecen la velocidad de movimiento aleatorio de los electrones, valor notablemente mayor que la velocidad de arrastre.

Instalada la idea de que las partículas en movimiento son electrones libres, con respaldo en el modelo de conductor metálico, se localiza el intercambio de energía cinética en energía térmica en el choque entre los electrones que se desplazan a esa *velocidad aleatoria*, que es alta, contra los iones de la red.

No se establece vinculación entre la velocidad de arrastre, de bajo valor, con el intercambio energético. Mucho menos se plantea la posibilidad de que la velocidad de arrastre pueda ser variable en un circuito, donde cambian las dimensiones de R . Parecería que para el intercambio energético es mucho más fácil dar razones aduciendo a la alta velocidad aleatoria localizada en cada electrón que interacciona con los iones de la red que en la velocidad de arrastre, que aunque de bajo valor, es un valor referencial probabilístico del movimiento de electrones no localizados.

La totalidad de los textos de 15 a 17 años, expresan la intensidad de corriente eléctrica como un *cociente* entre *cantidad de carga eléctrica* (ZS, EP, SP, PP) o *electricidad* (LS, KS) o *electrones* (AS), que atraviesa o pasa por una *sección* en la unidad o en un intervalo de tiempo. El término sección se deja a la libre interpretación del lector o se supone que es un conocimiento ya adquirido, pues se utiliza sin definir.

Dos textos de ex Secundario (ZS y AS) y uno de Polimodal (SP) expresan la formulación $I=q/t$. El mismo texto de Polimodal, denomina alternativamente I como *corriente eléctrica*, en vez de intensidad de corriente eléctrica y a su vez, presenta la *ecuación de transporte* $I= n.s.v.e$, aunque sin avanzar en el análisis de la relación entre velocidad de arrastre y el efecto de calentamiento. Desaprovechada la oportunidad de operativizar esa ecuación de transporte, no sería de extrañar que a partir de proposiciones del mismo texto se reforzara un razonamiento que aplicado al problema auténtico, planteado en esta investigación, conduciría a una conclusión alternativa. Esto es, un razonamiento basado en la asociación de choques, interrupción del movimiento, velocidad de arrastre pequeña (*..Este movimiento interrumpido provoca que la velocidad de avance de los electrones sea muy pequeña*, en SP, pp.222) entonces, por la *ecuación de transporte* $I=n.s.v.e$, I menor luego, en caso de V constante y por la ley de Ohm, la resistencia mayor se vincularía con un mayor calentamiento.

Se pone de manifiesto entonces que la existencia de la formulación y la mención de la v de arrastre no se aprovecha para razonar de otra manera: tal que a mayor v de arrastre, mayor probabilidad de interacción y mayor cantidad de energía puesta en juego en el intercambio.

4.1.2.3. Construcción del concepto de resistencia eléctrica (R)

En este apartado se analiza el discurso utilizado por cada libro de texto para la construcción del concepto de resistencia eléctrica.

4.1.2.3.a Textos ESB

Libro E8

Cuando una cañería se obstruye, el agua ya no puede circular tan fácilmente. La obstrucción aumenta la resistencia del caño al paso del agua. Además, el agua, al chocar con el obstáculo,

pierde energía y, en consecuencia, la corriente disminuye. Lo mismo ocurre si en una instalación se sustituye un caño grueso por uno muy fino (pp.106).

En el libro E8 la resistencia se conceptualiza a partir de la analogía hidráulica con una obstrucción en una cañería por donde pasa agua. Así la resistencia queda asociada a un *obstáculo*, al paso de un fluido que *pierde energía* al chocar con aquel, tomando esto como causa de la disminución de corriente. Significa entonces, resistencia como obstáculo y el choque de la corriente eléctrica con la resistencia equivale a pérdida de energía. De tal modo la corriente eléctrica *disminuye* al encontrar la resistencia.

Libro S8

...los cables se diseñan de forma que la resistencia que ofrecen al paso de la corriente sea muy baja (pp. 58).

El libro S8 indica que la resistencia se ofrece al paso de la corriente pero no se la define como tal. La manera de utilizar la palabra resistencia podría significar oposición al paso de corriente eléctrica.

Libro E9

...Si bien el voltaje impulsa la circulación de las cargas, ese movimiento puede ser obstaculizado por los átomos que constituyen el material a través del cual las cargas se desplazan. La dificultad en la circulación de las cargas se denomina resistencia eléctrica (pp. 66).

En el libro E9 se conceptualiza la resistencia eléctrica como la *dificultad* de circulación de las cargas debido al *obstáculo* que presentan los átomos del material.

Libro S9

La resistencia se produce porque las cargas eléctricas que forman parte de la corriente, al moverse, van chocando con las partículas que constituyen el material (que se encuentran relativamente en reposo). Estos choques frenan, en cierta medida, el movimiento de las cargas... Las cargas chocan continuamente con los átomos que constituyen el material conductor (pp.70).

El libro S9 señala como causa de la resistencia los choques entre las cargas eléctricas de la corriente con las partículas o átomos que constituyen el material. Parecería no quedar claro la procedencia de las cargas eléctricas. ¿Acaso no serán constitutivas del material?

Las partículas o átomos se encuentran relativamente en reposo y se sostiene que los choques frenan el movimiento de las cargas, lo que podría interpretarse como una disminución de la intensidad de corriente eléctrica.

Libro P9

Los electrones de una corriente eléctrica, al avanzar dentro del conductor, chocan frecuentemente contra los átomos del metal. Como éstos permanecen fijos, los electrones se frenan, es decir que se produce una resistencia a su avance.

La resistencia eléctrica de un conductor es la medida de su capacidad de frenar a los electrones que forman una corriente eléctrica. (pp. 207).

Propone...Analiza la resistencia total en una conexión serie y una conexión paralelo, a través de una experiencia que consiste en soplar en dos pajitas de refresco (pp. 211).

En el libro P9 la resistencia se refiere al *frenado* que se produce en el avance de los electrones de una corriente eléctrica al chocar contra los átomos de material *fijos*. De allí que se define resistencia como *la medida de la capacidad de frenar electrones*, respaldado dicha definición con una analogía del paso de aire por un caño. La Tabla 4.13 pone de manifiesto los aspectos relevantes de la construcción del concepto de resistencia eléctrica, en los textos de ESB.

Textos ESB (12 a 14 años)						
Construcción del concepto de Resistencia eléctrica						
Textos	Analogía	Asociaciones	Interacción		Relación con	
			entre	como	Corriente eléctrica	Energía
E8	Hidráulica	Obstrucción/obstáculo	-	Choque	Disminuye	se pierde
S8	-	Oposición	-	-	-	-
E9	-	Dificultad	Cargas/átomos	Obstáculo	-	-
S9	-	Choques/frenado	Cargas/ partículas o átomos	Choque	Frenado del movimiento de cargas	-
P9	Circulación de aire	Frenado	Electrones/átomos	Choque	-	-

Tabla 4.13: Resistencia eléctrica. Construcción del concepto, en Textos ESB

4.1.2.3.b Textos ESP

En textos de edición anterior

Libro LS

La constante de proporcionalidad entre V e I es propia y característica de cada conductor y se denomina resistencia del mismo...Resistencia eléctrica de un conductor es el cociente entre la diferencia de potencial aplicada a sus extremos y la intensidad de la corriente que circula por él... $R=V/I$ (pp.285).

...Retomemos la analogía hidráulica:...a) cuanto mayor es la diferencia de nivel entre el tanque de agua domiciliario y la canilla por la que fluye el líquido, mayor es la cantidad de agua que sale por segundo; cuando mayor es la diferencia de potencial entre los extremos del conductor, mayor es la intensidad de corriente que por él circula; b) Si la resistencia que ofrece la cañería que conduce el agua disminuye la cantidad de agua que sale por la canilla aumenta, y recíprocamente; si la resistencia que ofrece el conductor al paso de la corriente disminuye la intensidad de la corriente eléctrica aumenta y recíprocamente (pp.286).

R en función de sus dimensiones...Experimentalmente se comprueba que a temperatura constante la resistencia de un conductor depende de tres factores: longitud del conductor, sección y sustancia de la que está hecho. La resistencia de un conductor es directamente proporcional a su

longitud; La resistencia de un conductor es inversamente proporcional a su sección; La resistencia de un conductor es directamente proporcional a su resistencia específica. $R=\rho.l/s$ (pp.287).

El texto LS, introduce la noción de resistencia en términos de constante de proporcionalidad entre V e I, y en estricta relación con la Ley de Ohm de la electricidad.

Sin embargo, al momento de interpretar la relación establecida por la ley de Ohm, entre R e I, el texto recurre a la analogía hidráulica, donde implícitamente V cumple el papel de constante. Sin que se advierta al lector que el cambio de R implica cambio de circuito.

El discurso presenta en un mismo párrafo la relación R-I y la relación entre V e I con R implícitamente constante que, a diferencia de la anterior, implica la relación constante entre V-I en un mismo circuito. Estos aspectos valdrían la pena que se hicieran notar más allá de la analogía, ya que en definitiva el estudio de circuitos tiene como papel relevante el formar competencias para el estudio, análisis e interpretación de sistemas. Competencia básica en la alfabetización científica del ciudadano, ya que es importante comprender cuando se está frente a un cambio de sistemas.

Finalmente recurre a una supuesta experiencia que comprobaría la relación del valor de R en función de su longitud, sección y resistencia específica, expresada en forma verbal y matemática. Vemos que en primer lugar se enuncia la proporcionalidad directa entre R y su longitud, idea que seguramente es más económica cognitivamente que las siguientes relaciones que presentan mayor dificultad para su comprensión, sea por la presencia de una relación inversa o por conceptos no tan claros de definir como sección o resistencia específica.

Libro ZS

Frenado electrones ...La corriente circula por el conductor ...Ese conductor ofrece **oposición** al paso de los **electrones**. Esa **oposición se mide** con lo que llamaremos **resistencia** eléctrica R del conductor...Estos conductores, con una apreciable resistencia R, se llaman resistores (pp.51).

Define resistencia como una magnitud que indica la *oposición* al paso de electrones. El título del apartado induce a pensar la resistencia como un fenómeno de *frenado de electrones*. Presenta la fórmula para calcular R en función de sus dimensiones.

Libro AS

... la resistencia de un conductor es la **oposición** que ofrece al **paso** de esos **electrones a través** de las **moléculas** o los **átomos** del conductor. Al hacerlo, **chocan con otros** y se origina calor (efecto térmico). Cuando **mayor** sea el **número de choques**, **menor** será la **velocidad de desplazamiento**. Para mantener esa velocidad deberá aumentar la diferencia de potencial (pp 216).

Analogía: Supongamos que vamos caminando por una calle muy transitada. Para avanzar debemos sortear a los peatones y **obstáculos** que se hallan en nuestro camino. Cuanto mayores sean los **obstáculos**, mayor será **la dificultad o resistencia** que se nos ofrece para nuestro desplazamiento. Esto es análogo a lo que ocurre con el desplazamiento de los electrones.

$R=r_0 \cdot l/s$...significa que la resistencia de un conductor es directamente proporcional a su longitud y a su resistividad e inversamente proporcional a su sección (pp.218).

El texto AS aborda el concepto de resistencia a través de una analogía con el **tránsito de peatones en un camino con obstáculos**. Resistencia se interpreta como sinónimo de dificultad para sortear obstáculos u oposición para pasar o avanzar entre ellos mediante interacciones de choque. Se establece la analogía entre peatones-electrones y obstáculos-moléculas o átomos del material conductor.

Mientras por un lado se evidencia la asociación directa entre interacciones de choque y efecto de calentamiento, por otro se relacionan inversamente interacciones de choque y velocidad de desplazamiento de los electrones. Esta forma de estructurar el discurso podría llevar a interpretar que v_d depende del número de interacciones, sin ver, por otra parte, que el número de interacciones depende de v_d . Tal que v_d mayor, implica número de interacciones mayor, entonces mayor calentamiento.

Presenta la formulación de resistencia en función de sus dimensiones $R=r_0 \cdot l/s$, enunciando verbalmente la proporcionalidad directa entre resistencia y su longitud (l).

Libro KS

Mediante ley de Ohm relaciona V e I enunciando...

...este **cociente**, constante y propio para cada aparato, revela una característica suya, a la que llamaremos **resistencia** (pp.243)... R de un conductor en función de sus dimensiones. $R=r_0 \cdot L/s$ (pp.247).

Define resistencia como una **característica** de cada aparato eléctrico, que es un valor constante y propio del mismo, calculándola mediante el **cociente** entre V e I, según la ley de Ohm. También expresa la fórmula de **R en función de sus dimensiones**. En Tabla 4.14 pone de manifiesto los aspectos significativos de

la construcción del concepto de resistencia eléctrica, en los textos de ESP, de edición anterior a la reforma.

Textos ESP, de edición anterior (15 a 17 años)							
Construcción del concepto de Resistencia eléctrica							
Textos	Analogía	Asociaciones	Interacción		Formulación	Relación c/	
			entre	como		Corriente eléctrica	Energía
LS	Hidráulica	Resistencia a paso flujo	-	-	R, constante prop. entre V e I; Ley de Ohm $R = \rho \cdot l / s$	Aumenta, si R disminuye	-
ZS	-	Oposición-frenado	e-conductor	-	R, mide oposición $R = r_0 \cdot l / s$	Frenado de e	-
AS	Tránsito peatonal	Oposición-obstáculo-dificultad-choques-disminución v_d - calor	e-átomos e-moléculas e-e	Choque	mayor n° choques, menor v_d $v_d = \text{cte}$, mayor V $R = r_0 \cdot l / s$	-	-
KS	-	-	-	-	R= cociente entre V e I; Ley de Ohm $R = r_0 \cdot L / s$	-	-

Tabla 4.14: Resistencia eléctrica. Construcción del concepto, en Textos ESP, de edición anterior

En textos de edición durante Reforma

Libro PP

El movimiento de los electrones dentro de un material depende de la estructura microscópica de este...los materiales presentan **resistencia** al **movimiento** de los electrones...En los conductores la resistencia eléctrica se origina en el **choque de los electrones con impurezas** que presenta la red iónica... (pp.179).

...La **resistencia** eléctrica **hace que la energía del movimiento** de los electrones se **transfiera** a la **red** del material lo que produce su **calentamiento** (pp.197).

Aparatos eléctricos: en ellos la **energía eléctrica** se **transforma** en otro tipo de **energía**, por ejemplo luz y calor en una lamparita, se les da el **nombre** genérico de resistencia (pp. 198).

...la **red de átomos** de cada material y la **manera** en que las **cargas** se pueden **mover** a través de ella determinan las diferencias en la **resistencia** propia de cada material...**Tránsito restringido**...los artefactos eléctricos y los conductores **oponen** cierta **resistencia** al paso de la corriente eléctrica. La resistencia eléctrica es una **característica** del conductor...La resistencia depende de su geometría (longitud y sección), del material con el que esté hecha (resistividad) y de la temperatura, $R = r_0 \cdot L / s$ (pp. 202).

El texto PP presenta una multiplicidad semántica para el término resistencia. Alude a la misma como acción de resistencia al movimiento, como elemento de circuito, ya que indica que a los aparatos eléctricos se les da el nombre de resistencia, como magnitud cuyo valor se calcula mediante una fórmula en función de la geometría y del material, finalmente como **característica** de los conductores relacionada con la oposición al paso de corriente eléctrica.

Todo ello, finalmente, se refuerza a través de la analogía con un *tránsito restringido*.

Libro EP

...para una misma diferencia de potencial se puede variar la intensidad de corriente variando la naturaleza, la longitud o la sección del conductor...que...definen la resistencia R.

$R=r_0 \cdot L/S$...**gran longitud** y una **sección** muy pequeña ofrecerá una **gran resistencia**...la constante r_0 expresa las **resistencias** que presentan dos conductores de igual longitud e igual sección contruidos con materiales diferentes (pp. 217).

...choque de electrones de la corriente con otras partículas del material del conductor.. la transformación de la energía eléctrica en calor durante esos choques es íntegra y los conductores que tienen tal capacidad se denominan resistencias.

$R= V/I$...R es una **medida de la dificultad** que ofrecen las resistencias **al pasaje** de la corriente eléctrica (pp. 218).

El texto EP define la resistencia en función de sus dimensiones y naturaleza, indicando que la intensidad de corriente varía en función de ella, suponiendo la condición inicial de V constante. Destaca la relación cuantitativa que *gran longitud ofrecerá gran resistencia*.

Se explicita la ley de Ohm $R=V/I$ indicando que R es la medida de la *dificultad que ofrecen la resistencia al pasaje de corriente eléctrica*. Se percibe en la misma frase la polisemia de R como magnitud y como elemento del circuito. Además, se observa cómo la traducción verbal descubre la presencia del modelo analógico en la interpretación de la ley.

Libro SP

...la corriente que circula por un conductor metálico es proporcional a la diferencia de potencial aplicada a sus extremos...la pendiente de la recta $m=I/V$ es la inversa de la resistencia R del alambre...la resistencia de un conductor se origina en la dificultad que tienen las cargas para circular a lo largo del mismo.

la resistencia de un alambre conductor dependerá de características propias del material (su estructura cristalina, las impurezas que presente, etc.) y además del grosor y el largo del alambre...cuanto más largo sea un alambre, más dificultad tendrán las cargas para atravesarlo...

Por analogía con circuito de agua...la bomba eléctrica tendrá más dificultad para empujar las cargas cuanto menor sea el espesor del conductor...la resistencia aumentará a media que disminuya el área transversal del alambre... $R= r_0 \cdot L/A$...Los resistores son dispositivos diseñados para oponer una determinada resistencia al paso de las cargas...se los suele llamar resistencia (pp.220).

El texto SP establece que la intensidad de corriente I es proporcional a V. Implícitamente plantea la Ley de Ohm, haciendo referencia a una recta cuya *pendiente es la inversa de la resistencia*.

Desde la experiencia docente se conoce que la capacidad de calcular la pendiente de una recta no asegura interpretar su significado. La obtención de un valor constante como resultante de la relación entre dos magnitudes que varían, también representa cierta complejidad que la investigación en didáctica de las ciencias ha señalado sobre el razonamiento proporcional en el aprendizaje de leyes de física. ¿Qué esperar de la definición de R como la *inversa de la pendiente* de una determinada relación proporcional?

Luego de esta definición matemática de escasa significatividad, define la **resistencia** como la **difícultad** que tienen las cargas para circular a lo largo del mismo. Señala que la **difícultad** depende de las **dimensiones** del conductor, destacando que cuanto **más largo más dificultad**, reafirmando la idea mediante la analogía con la conducción de agua. También utiliza el término resistencia para indicar aquellos dispositivos eléctricos que oponen resistencia. Aunque parezca un juego de palabras, en definitiva el texto expresa que la **resistencia** es un dispositivo que **opone resistencia**.

Si se tiene en cuenta la dificultad de conceptualizar la R como constante de proporcionalidad, sumado al razonamiento circular que denota la verbalización, casi con seguridad el lector novel encuentra en los términos *difícultad* y *oponer* los más fáciles anclajes para conceptualizar la resistencia. Los aspectos relevantes del análisis de la construcción del concepto de resistencia eléctrica en los libros de texto de ESP editados durante la reforma, se recogen en Tabla 4.15.

Textos ESP, de edición durante Reforma (15 a 17 años)							
Construcción del concepto de Resistencia eléctrica							
Textos	Analogía	Asociaciones	Interacción		Formulación	Relación c/	
			entre	como		Corriente eléctrica	Energía
PP	Tránsito	Oposición - transformación de energía eléctrica - calor-aparato eléctrico Resistencia como: acción, elemento, característica, magnitud	e-impurezas de red iónica	Choque	$R = r_0 \cdot L/s$		se transforma
EP	-	Dificultad - Transformación de energía eléctrica - calor	e-partículas	Choque	$R = r_0 \cdot L/S$ $R = V/I$	$V = \text{cte}$; $I = f(R)$	se transforma
SP	Hidráulica	Dificultad - oposición	cargas-conductor	-	$R = r_0 \cdot l / A$ $A = \text{área, grosor, espesor}$	$m = I/V$, pendiente inversa de R	-

Tabla 4.15: Resistencia eléctrica. Construcción del concepto, en textos ESP, de edición durante Reforma

4.1.2.3.c Conclusiones sobre construcción del concepto de resistencia eléctrica

Del análisis surgen los aspectos relevantes con que cada libro de texto construye el concepto de resistencia eléctrica (Tablas 4.13; 4.14 y 4.15).

Los textos de ESB (Tabla 4.13) lo abordan asociado a la idea de *obstáculo*, *obstrucción*, *oposición* y *frenado*. Ideas que permanecen con continuidad en los textos de los niveles siguientes, en convivencia con leyes de electricidad, tales como Ley de Ohm o la expresión de R en función de las dimensiones y naturaleza del conductor. Ambas demandan cálculo proporcional, el cual exige la capacidad de interpretar que es posible mantener un valor constante mientras los valores de la relación del que resulta tal valor, cambian. En la determinación de la resistencia en función de sus dimensiones, representa menor demanda cognitiva la relación de proporcionalidad directa de R con su longitud.

En algunos casos se asocia resistencia con disminución o frenado de corriente eléctrica (E8, S9 y ZS), aspecto que podría conducir al modelo alternativo de *consumo o atenuación* de la corriente eléctrica.

La totalidad de los libros de 9no. año utilizan el modelo cinético-molecular en el tratamiento de la resistencia, sosteniendo que la interacción entre cargas y átomos tiene que ver con el frenado u oposición al movimiento de cargas. Dicha interacción se la significa como choque entre partículas, pero ninguno relaciona dichas interacciones con los procesos de transformación de energía eléctrica.

El modelo cinético-molecular continúa utilizándose en textos de 15 a 17 años, notándose que en vez de cargas se las especifica como electrones que interaccionan a modo de choque con partículas de diversa denominación: electrones, átomos, moléculas, partículas, impurezas, entre otras.

La totalidad de los textos de ex Secundario (Tabla 4.14) y Polimodal (Tabla 4.15) formulan la relación de R con las dimensiones y la naturaleza del material, respaldando esta ley de la electricidad en analogías de circulación de fluidos o cuerpos, éstos últimos peatones o automóviles. Se observa entonces lo alejada que está la naturaleza del medio análogo respecto a la naturaleza de un material conductor. En cuanto a las dimensiones, nótese que mientras los textos del ex Secundario se referían a la *sección*, algunos de Polimodal utilizan variedad de términos -*área*, *grosor*, *espesor del conductor*-, como sinónimos de sección. Se

recuerda que este término ya apareció en el apartado de análisis de la construcción del concepto de corriente eléctrica e intensidad de corriente, pero en aquel apartado no se tuvo tal evidencia respecto al confuso significado dado a la *sección*.

También existe diferencia notable en la definición de resistividad. En los textos de ex Secundario, por ejemplo el texto LS, se denomina *resistencia específica a la resistencia que tiene un conductor de 1 m a lo largo y 1 mm² de sección compuesto por una determinada sustancia*. Esta mención a valores de longitud y sección desaparece en textos de Polimodal, el texto AS la denomina *resistividad*, pero sin definirla dando lugar a la persistencia de razonamientos analógicos previos, sea modelo cinético molecular o análogo a tránsito peatonal; por su parte el texto KS la utiliza en la fórmula que denomina *R en función de sus dimensiones*, pero no aborda cuestiones de naturaleza del material conductor en la determinación de R.

En los textos de Polimodal aparece más discurso relacionado con la naturaleza del conductor. Por ejemplo, el texto PP aplica el término *resistividad* en relación con el material y su estructura *...la red de átomos de cada material y la manera en que las cargas se pueden mover a través de ella*, el texto SP también la relaciona con la estructura del material conductor que enuncia como *característica propia del material (su estructura cristalina, las impurezas que presente, etc.)*; mientras el texto EP no utiliza el término, sólo indica que es una *constante* que define como *resistencias que presentan dos conductores de igual longitud e igual sección contruidos con materiales diferentes*.

Aproximadamente la mitad de los textos de 15 a 17 años, formula R como relación entre V, I y Ley de Ohm. En un caso (LS) se intenta explicar la relación entre R e I planteando la analogía hidráulica, de modo que la idea de corriente como fluido marca el concepto de R, más allá de la Ley de Ohm. Hubiera sido de esperar que los textos de ESP, formularan y desarrollaran conceptualmente R como constante de proporcionalidad entre V-I y brindara elementos superadores de análogos previos. Si bien existe algún intento (SP), suponer que un lector novel interpreta un concepto físico a partir del cálculo de la *pendiente* de una recta, es desconocer la complejidad de la proporcionalidad inversa y del concepto de pendiente, entre otras cuestiones que demanda su comprensión.

Además, la polisemia del término resistencia es frecuente, aún en una misma proposición, como acción, elemento, característica, magnitud.

Finalmente, dos textos Polimodal, de un total de tres, presentan la resistencia como un *dispositivo* del circuito relacionado con la *función de transformar energía eléctrica en calor*. Idea que marca una tendencia en la argumentación sobre el fenómeno.

4.1.2.4 Construcción de la Ley de Ohm

En este apartado se analiza el discurso utilizado por cada libro de texto para la construcción conceptual de la Ley de Ohm.

Pozo y Crespo (1998) señalan las distintas dificultades que tienen los alumnos para comprender la ley de Ohm *que establece las relaciones cuantitativas dentro de un circuito*.

La ley de Ohm en su forma más simple, $(V_a - V_b) = I \cdot R$, establece una relación de proporcionalidad directa entre la diferencia de potencial en los bornes de una resistencia y la intensidad de la corriente que por ella circula, siendo la constante de proporcionalidad una propiedad del dispositivo, la resistencia. Comprender esta ley desde el punto de vista matemático resulta relativamente sencillo aunque presente algunas limitaciones...para la proporcionalidad. Sin embargo, la ley de Ohm puede resultar más complicada si se presenta como: $R = (V_a - V_b) / I$...Aunque, desde un punto matemático, las dos expresiones representan lo mismo, para muchos alumnos resulta mucho más difícil de comprender que la resistencia sea una relación entre la diferencia de potencial entre los bornes de la bombilla y la intensidad que por ella circula. Aparece una relación inversa entre R e I . Dos representaciones distintas de una misma ley pueden representar dificultades conceptuales diferentes para los alumnos (pp.251).

4.1.2.4.a Textos ESB

Libro E8

Si en un circuito se sustituye un material conductor que tenga muy poca resistencia (por ejemplo un trozo de cable) por otro que tenga mayor resistencia, la corriente eléctrica también disminuye (pp. 106)

El libro E8 expresa que la corriente eléctrica disminuye a medida que la resistencia es mayor. Tácitamente parece que se debería entender que el circuito está conectado a una diferencia de potencial constante y que se utiliza el término corriente eléctrica como sinónimo de intensidad de corriente. Si bien la relación planteada entre resistencia e intensidad de corriente podría considerarse una aproximación a la Ley de Ohm, este libro no *institucionaliza* la ley como tal.

Libro S8

...la corriente eléctrica será de mayor intensidad en el circuito de menor resistencia (pp.58).

El libro S8 expresa que la intensidad de la corriente eléctrica es mayor a medida que la resistencia es menor. También en este caso tácitamente quedaría entendido que el circuito está conectado a diferencia de potencial constante.

En síntesis se toman como variables la resistencia y la corriente eléctrica. Nótese que no se hace referencia directamente a la intensidad de corriente sino que lo hace a una corriente eléctrica de mayor intensidad.

Libro E9

El voltaje es directamente proporcional a la corriente, y la constante de proporcionalidad es la resistencia eléctrica (pp. 66).

El libro E9 toma como variables del circuito el voltaje y la corriente (no la intensidad de corriente), estableciendo que existe una relación directamente proporcional entre dichas variables determinando que la constante de proporcionalidad es la resistencia.

Libro S9

Ley de Ohm: para un valor determinado de tensión entre dos puntos, a mayor resistencia, menor corriente (pp. 74).

El libro S9 define la ley de Ohm tomando como variables la resistencia y la corriente (no la intensidad de corriente) y como constante la tensión.

Libro P9

...la diferencia de potencial entre dos puntos de un conductor es igual al producto de la intensidad de la corriente que circula por él, y la resistencia del conductor entre esos dos puntos: $V_{ab}=R.I$ (pp. 215).

El libro P9 expresa verbalmente la fórmula $V=R.I$ en términos matemáticos de una igualdad y *producto*, sin identificar cuáles son variables y cual constante. En Tabla 4.16 se muestra el resultado del análisis respecto a la construcción que realizan los textos de ESB, sobre la Ley de Ohm.

Textos ESB (12 a 14 años)					
Construcción de la Ley de Ohm					
Textos	Respaldo	Formulación	Relaciones		
			R	I	V
E8		-	Aumenta	Disminuye (corriente)	-
S8		-	Menor	Mayor (corriente)	-
E9		-	Cte.	Variable (corriente)	Voltaje dir. prop. corriente
S9		Verbal, en términos de proporcionalidad inversa entre R e I	Mayor	Menor	Constante
P9		Simbólica; verbal, en términos de <i>producto</i> R por I	-	-	$V=R \cdot I$

Tabla 4.16: Ley de Ohm. Construcción conceptual, en Textos de ESB

4.1.2.4.b Textos ESP

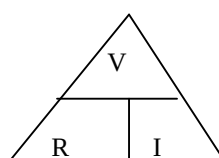
En textos de edición anterior

Libro LS

..Si aplicamos sucesivamente 2 volt, 4 volt,...comprobaremos que las intensidades de corrientes que circula por el conductor se duplica, triplica, etc...Existe una relación constante entre la diferencia de potencial aplicada a los extremos del conductor y la intensidad de la corriente que circula por él: $V_1/I_1=V_2/I_2=...V_n/I_n=constante$ (pp.284).

...Esta relación constante entre diferencia de potencial aplicada e intensidad de corriente obtenida la expresa la...Ley de Ohm: el cociente entre la diferencia de potencial aplicada a los extremos de un conductor y la intensidad de corriente que circula por el mismo es una constante (a temperatura constante)...La constante de proporcionalidad entre V e I es propia y característica de cada conductor y se denomina resistencia del mismo...Resistencia eléctrica de un conductor es el cociente entre la diferencia de potencial aplicada a sus extremos y la intensidad de la corriente que circula por él... $R=V/I$ (pp.285).

...Consecuencia de la ley de Ohm: $I= V/R$...la intensidad de la corriente que circula por un conductor es directamente proporcional a al diferencia de potencial entre sus extremos y se halla en razón inversa a la resistencia del conductor...Regla nemotécnica...(pp. 286).



La estrategia didáctica utilizada por el texto LS consiste en realizar afirmaciones de resultados de un supuesto experimento, sobre cómo variaría cuantitativamente la intensidad de corriente I a medida que se aplican valores distintos de diferencia de potencial V en los extremos de un conductor. Ese valor *constante* del cociente entre los pares de valores V e I del mismo circuito lo institucionaliza como *Ley de Ohm*.

Observamos que el enunciado de la Ley de Ohm se hace en términos de V, I y constante de proporcionalidad. Vemos así que de inicio no aparece la resistencia, término que se incorpora posteriormente como denominación de tal

constante propia y característica de cada conductor. En ese marco de constante de proporcionalidad presenta la fórmula $R=V/I$. Este representativo enfoque didáctico de la significación conceptual de R, lamentablemente se empaña bajo una *regla nemotécnica* que prioriza el cálculo, sin desconocer la frecuencia de su uso en centros escolares con talleres de electricidad.

Enuncia la expresión de I en función de V y R, como *consecuencia de la ley de Ohm*, sin advertir al lector que variar R implica variación de *constante propia y característica* del conductor, es decir cambio de circuito. De esta formulación podría interpretarse I como una constante de proporcionalidad, siendo importante notar que lo es un determinado circuito pero, si varía R el valor I pasa a otro valor constante ya que se trata de otro circuito. Se ha puesto en evidencia la complejidad del trasfondo conceptual, respecto al circuito eléctrico como sistema, que subyace en esta enunciación de *consecuencia* de la ley. Destacamos esta situación, ya que más adelante encontraremos que textos de una más reciente edición (AS, KS de ex secundario y EP, SP de actual Polimodal) toman la llamada *consecuencia* como enunciado de la Ley de Ohm.

Libro ZS

Referencia un supuesto experimento establece una relación que presenta como Ley de Ohm, formulando $R=V/I$, expresando *que*

...en un conductor la resistencia eléctrica es directamente proporcional a la diferencia de potencial entre sus extremos e inversamente proporcional a la intensidad de la corriente eléctrica que circula por él (pp.55).

El texto ZS recurre a la explicación de un experimento donde R podría interpretarse como la relación de proporcionalidad entre V e I, variables del circuito. Sin embargo, de la lectura no surge que R es constante de proporcionalidad. Por el contrario se interpreta que es una variable que por una parte depende de V y por otra parte depende de I faltando la concepción integral de conceptualizarla como la relación constante de proporción entre dos magnitudes del mismo circuito que varían. Esta sutil diferencia en el discurso conduce a no distinguir el circuito como un sistema y enmascara cuando se mantiene o cuando se cambia el circuito.

Libro AS

*...la resistencia de un conductor (homogéneo y uniforme) está dada por el cociente entre la diferencia de potencial entre sus extremos y la **intensidad que circula por él**... $R=V/I$ (pp.215).
... $I=V/R$ esta expresión corresponde a la Ley de Ohm, que enunciamos así: **la intensidad de una corriente es directamente proporcional a la diferencia de potencial entre los extremos del conductor e inversamente proporcional a su resistencia** (pp.216).*

El texto AS define R como el *cociente* entre las variables V e I . Luego formula la ley de Ohm, expresando I en términos de relación de proporcionalidad con V y R , de forma semejante al texto LS que lo presentaba como *consecuencia de la ley de Ohm*. Como consecuencia se pierde la oportunidad, en el primer caso, de mostrar R como una constante de proporcionalidad y característica de un determinado circuito que es el mismo aunque varíen V e I . La expresión de I con que institucionaliza la Ley de Ohm toma R como variable dependiente de V y R y determina I en circuitos diferentes, cuestión que no se advierte.

Libro KS

De una supuesta experiencia toma valores de V e I , realiza el cociente V/I , obteniendo un valor constante, luego expresa

...La intensidad de la corriente que circula por un conductor es directamente proporcional a la diferencia de potencial entre sus extremos...Este cociente, constante y propio para cada aparato, revela una característica suya, a la que llamaremos resistencia eléctrica del aparato. Se representa con R ...entonces $R=V/I$, Ley de Ohm (pp.243).

Plantea lo que denomina el *Significado físico de la ley de Ohm*, para ello recurre a analogía hidráulica, luego indica

...deducimos $I=V/R$...la intensidad de una corriente es directamente proporcional a la diferencia de potencial entre sus extremos e inversamente proporcional a la resistencia eléctrica del conductor (pp.244).

Se observa que transforma la relación anterior suponiendo implícitamente V constante, enuncia

... I es inversamente proporcional a R .. De ahí que se le haya dado el nombre de resistencia al cociente V/I , puesto cuanto mayor es R , menor es I (pp.245).

El texto KS respalda la Ley de Ohm a partir de referenciar un experimento donde en un determinado circuito la relación entre las variables V e I expresa una constante de proporcionalidad que denomina resistencia. Pero al momento de avanzar sobre el significado físico de la Ley recurre a modelos analógicos, donde varía R , esto implica que la relación planteada representa I de distintos circuitos.

Más adelante, vincula las variables I y R a través de una relación de proporcionalidad donde la V es la constante, esto es, la relación en distintos circuitos. Proporcionalidad que presenta con lenguaje poco académico, *a más... menos...*, que podría interpretarse como *más oposición-menos intensidad de corriente*, transformación discursiva aleja de la consideración inicial que este texto hace de R como constante de un determinado circuito. La Tabla 4.17 pone en evidencia los aspectos sobresalientes sobre la construcción conceptual de la Ley de Ohm, que realizan los textos de ESP, de edición anterior a la reforma.

Textos ESP, de edición anterior (15 a 17 años)					
Construcción de la Ley de Ohm					
Textos	Respaldo	Formulación	Relaciones		
			R	I	V
LS	Experimental	Verbal, cte prop. entre V e I; simbólica; nemotécnica	cte., R=V/I Ley de Ohm	variable <i>consecuencia de ley, I=V/R</i>	Variable
ZS	Experimental	Simbólica; trad. verbal: prop.directa c/V; prop.inversa c/I	variable R=V/I Ley de Ohm	variable	Variable
AS		Simbólica; trad. verbal: cociente	R=V/I	variable	Variable
		Simbólica; trad. verbal: proporción (prop.)	variable	I=V/R Ley de Ohm	Variable
KS	Experimental	Simbólica; trad. verbal: prop.(I) y cociente (R)	R=V/I Ley de Ohm	I dir.prop. V	Variable
	Analogía hidráulica		variable	I=V/R	Variable
			variable, mayor	variable, menor I inv. prop. R	Constante

Tabla 4.17: Ley de Ohm. Construcción conceptual, en Textos ESP, de edición anterior

En textos de edición durante Reforma

Libro PP

$\Delta V=R.I$...al conectar un conductor a una diferencia de potencial circulará por él una corriente eléctrica, cuya intensidad es directamente proporcional a la diferencia de potencial establecida. La **constante de proporcionalidad** es el valor de la resistencia del conductor en cuestión (pp.202).

El texto PP presenta la formulación simbólica de la Ley de Ohm que traduce a un lenguaje verbal en términos de proporcionalidad indicando que el valor de R es la constante de proporcionalidad entre V e I .

Libro EP

...Se puede comprobar que la intensidad de la corriente eléctrica de un conductor es directamente proporcional al voltaje...Para una misma diferencia de potencial se puede variar la intensidad de corriente variando...la resistencia R ...la relación entre la diferencia de potencial entre dos puntos de un conductor y la intensidad de la corriente se denomina Ley de Ohm...La ley dice que la intensidad de la corriente eléctrica en un conductor es directamente proporcional a la diferencia de potencial entre los extremos del mismo $I=V/R$ (pp.217).

El texto EP se refiere a la posibilidad de comprobar experimentalmente la relación de proporcionalidad entre V e I. Quedaría implícito que R es constante de proporcionalidad, desde ahí podría entenderse la ley de Ohm como relación en un determinado circuito.

Pero no sólo omite señalar que R es constante, si no que cuando se refiere a R, la toma como variable de un circuito con V constante, sin advertir que variar R es cambiar de circuito. Enlazado con la variación de R, define la ley de Ohm perdiendo el papel de constante del circuito que le hubiéramos podido asignar según el tratamiento dado al inicio del episodio.

Libro SP

*...Cuál es la **relación** que vincula a la **corriente** que circula por un componente de un circuito con la diferencia de potencial que hay entre sus extremos?. En el **ejemplo de los dos depósitos de agua**, está claro que **la velocidad con la que fluye el líquido está determinada por la diferencia de alturas que hay entre los niveles de agua**...De manera análoga, la magnitud de la corriente que circula por un conductor está determinada por la diferencia de potencial eléctrico entre sus extremos...la corriente que circula por un conductor metálico es proporcional a la diferencia de potencial aplicada a sus extremos...**la pendiente de la recta $m=I/V$ es la inversa de la resistencia R** del alambre...La ley de Ohm se expresa $I=1/R \cdot V$ o $V=I \cdot R$ (pp.220).*

Propone experiencias para estudiar la Ley de Ohm que consisten en

*... usar **modelos análogos** a los circuitos eléctricos: **modelo aerodinámico y modelo mecánico** (pp.328).*

El texto SP recurre a la analogía hidráulica para la circulación de corriente eléctrica y a la analogía gravitatoria para la diferencia de potencial; además construye la relación entre las variables I, denominada simplemente *corriente*, y V. A través de la analogía enuncia la relación de proporcionalidad que transforma en lenguaje matemático-gráfico como la relación representada por una recta cuya pendiente equivale a la inversa de la R.

Cabría preguntarse cuánta competencia comprensiva demanda al lector novel, el significado de R como la inversa de una pendiente, *m*. ¿Encontrará el sentido de la relación $R=V/I$? ¿Interpretará que la inversa de la pendiente de una recta que pasa por el origen, representa la constante de proporcionalidad en la relación entre V e I? ¿Podrá construir el concepto de R como constante de proporcionalidad de un determinado circuito?.

La analogía, la relación de proporcionalidad, el lenguaje matemático-gráfico para concluir la inversa de un valor, parecería una combinación didáctica poco clarificadora para significar R como constante del circuito, en el que varían V e I.

Finalmente se ha puesto en evidencia una mayor complejidad para la comprensión de la Ley de Ohm mediante la estrategia didáctica de recurrir a supuestas experiencias que, llamativamente, no son sobre circuitos eléctricos sino que se proponen sobre modelos aerodinámicos o mecánicos. Manifestación de que aún lo experimental está vinculado a analogías. En Tabla 4.18 se sintetiza estos resultados del análisis aplicado a los Textos de ESP, editados durante la reforma, sobre el tratamiento aplicado a la Ley de Ohm.

Textos ESP, de edición durante Reforma (15 A 17 AÑOS)					
Construcción de la Ley de Ohm					
Textos	Respaldo	Formulación	Relaciones		
			R	I	V
PP		Simbólica; trad. verbal: prop.	cte.	I dir.prop. V	$\Delta V = R \cdot I$ Ley de Ohm
EP	Experimental	Simbólica; trad. verbal: prop.	cte.	I dir.prop. V $I = V/R$ Ley de Ohm	variable
			variable	I inv. prop. R	constante
SP	Analogías: hidráulica, gravitatoria, aerodinámico, mecánico Experimental	Simbólica; trad. verbal: matemático-gráfico y prop.	$m = I/V$, pendiente de la recta R inversa de m	I dir.prop. V $I = 1/R \cdot V$ Ley de Ohm	variable $V = I \cdot R$ Ley de Ohm

Tabla 4.18: Ley de Ohm. Construcción conceptual, en Textos ESP, de edición durante Reforma

4.1.2.4.c Conclusiones sobre la construcción conceptual de Ley de Ohm

Resultado del análisis es posible caracterizar (Tabla 4.16; 4.17 y 4.18) el tratamiento aplicado a la construcción conceptual de la Ley de Ohm en los textos de la muestra.

En Tabla 4.16, se observa que en 8vo. año solamente aparece un tratamiento semi cuantitativo entre R e I, presentando una forma alternativa de relación inversamente proporcional, *más R-menos I y menos R-más I*.

En la totalidad de los libros de 9no. año se presenta la Ley de Ohm, ya sea en forma semi cuantitativa (E9 y S9) o expresando la fórmula en términos de operación matemática de multiplicación (P9). En un solo caso (E9) es posible interpretar que R es la constante de proporcionalidad de la relación establecida.

En los textos del ex Secundario (Tabla 4.17) y el actual Polimodal (Tabla 4.18), se nota que mayoritariamente se plantea la Ley de Ohm como una relación de proporcionalidad, tanto en su forma simbólica como en su traducción verbal.

Los textos de ex Secundario formulan la ley bajo la expresión $R=V/I$, aunque sólo uno (ZS) indica que R representa la *constante de proporcionalidad* en la relación establecida entre V e I en un determinado circuito.

Dicha formulación está ausente en los textos de Polimodal, aunque la totalidad indica R como constante. Al abordar la conceptualización de R, el discurso utilizado descubre la complejidad de comprensión de una constante de proporcionalidad como la inversa de una relación proporcional entre dos variables.

Sólo el texto (KS) plantea que con V constante y distinta R se trata de distintos circuitos. Se nota que la interdependencia entre R e I se resuelve de forma semi cualitativa, similar a la presentación que apareció en los textos de 8vo. año, basándose en el modelo análogo hidráulico o en los aerodinámicos, mecánico y gravitatorio, en otros. Se pone en evidencia la persistencia del análogo como respaldo del discurso acerca de una ley de la electricidad que se construye apelando a supuestos datos experimentales.

4.1.2.5 Construcción del concepto de Potencia eléctrica (P)

En este apartado se analiza el discurso utilizado en cada libro de texto para la construcción del concepto de potencia eléctrica.

En relación con el tratamiento de la potencia eléctrica, consideramos conveniente referencias tomadas en el apartado 4.1.1, sobre la institucionalización de la ley de Joule, ya que vuelven a aparecer relaciones de proporcionalidad que son complejas debido a la interdependencia entre más dos variables.

Así P depende de V e I, pero I depende de V. Dado que es común que se realicen sustituciones de alguna de estas variables aplicando la Ley de Ohm, aparecen otras interdependencias. La más notable es la expresión de $P=I^2.R$ ya que en un determinado circuito depende de V y de R. Es decir cuando cambia alguna de estas variables el lector debe interpretar qué es lo que se mantiene constante y cómo juega en el intercambio energético la variación de I que afecta a

la potencia en forma cuadrática. Pozo y Gómez Crespo (1998) hacen notar la problemática cuantitativa de la potencia eléctrica en circuitos.

...una estufa indica en su etiqueta los siguientes datos: 2000 W y 220 V. ¿Se puede conectar a un voltaje de 125 V? ¿Cuál será su potencia en esas condiciones? (pp.256)...requiere una estrategia relativamente compleja para establecer las relaciones entre las distintas variables y, además, implica distinguir que la única que se conserva al cambiar el voltaje de conexión de la estufa es la que viene definida por las características del aparato: la resistencia. El problema planteado de esta manera resulta más difícil de resolver y requerirá un mayor esfuerzo...sin embargo tendrá un alto potencial didáctico para ayudar a comprender el funcionamiento del aparato...que se perdería si se enfocara exclusivamente una resolución algorítmica (pp.258).

4.1.2.5.a Textos ESB

Libro E8

...rapidez con la que se realiza un determinado trabajo. Se expresa en vatio. Ej.: potencia de un taladro (pp. 125).

El libro E8, básicamente presenta el *vatio* como la unidad de medida de la potencia eléctrica, conceptualizando ésta como la *rapidez* con que se realiza un *trabajo*.

Libro S8

...los receptores que reciben la energía eléctrica del generador, se identifican por los terminales, la indicación del número de voltios que sirve para saber a qué generador puede ser conectado y el número de vatios o watts (W), unidad que indica la cantidad de energía utilizada por el receptor (pp. 58).

El libro S8 realiza un acercamiento a la idea de potencia eléctrica a través de la unidad de medida *vatios* o *watts*, que se define como la *cantidad de energía utilizada* por un artefacto. Definición que instala la idea alternativa de que la potencia eléctrica es sinónimo de energía, asociando a ésta la idea de *útil*.

Libro E9

....La potencia transmitida es directamente proporcional al producto de la corriente por el voltaje – mientras que la disipación, de acuerdo con la ley de Joule- es proporcional al cuadrado de la corriente que circula (pp. 68).

El libro E9 distingue entre *potencia transmitida* y *potencia disipada*. La primera la expresa como directamente proporcional a un producto entre la corriente (en lugar de intensidad de corriente) y el voltaje, mientras que la segunda la expresa citando la Ley de Joule.

Se hace notar que en el caso de la potencia transmitida se utiliza la relación directamente proporcional en lugar de una igualdad, en cambio la potencia *disipada* la relaciona en forma directamente proporcional con una

variable. Nótese también, que se dice *cuadrado de la corriente*, cuando correspondería decir cuadrado de la intensidad de corriente.

En el caso de la ley de Joule quedaría a la percepción del lector que la *disipación* se produce en una resistencia y que el valor de ésta representa la constante de proporcionalidad en la relación planteada en un determinado circuito.

Es representativo que en el texto se distingan dos tipos de potencias y que la formulación en términos de voltaje pareciera no ser aplicable en el caso de la denominada potencia *disipada*.

Libro S9

Actividad para investigar: ¿Qué es un watt o vatio? (pp. 79).

...La rapidez con que un aparato entrega o consume energía se llama potencia eléctrica...Su unidad es el watt o vatio (pp. 315).

El libro S9 propone al lector que averigüe qué es un *watt* o *vatio*, respuesta que el mismo libro da más adelante. Define potencia eléctrica como la *rapidez* para *entregar* o *consumir* energía

Libro P9

...La rapidez con que una pila o un generador de corriente es capaz de producir energía constituye su potencia eléctrica (P) generada (pp. 217).

De la misma forma, la rapidez con que consume energía eléctrica un elemento de un circuito eléctrico, se llama potencia eléctrica consumida...En la siguiente tabla podés ver la velocidad con que consumen energía (es decir potencia) algunos electrodomésticos.

En dicha Tabla presentada por el texto consta la siguiente información:

Electrodomésticos (lavarropa, plancha, ..., estufa eléctrica), la potencia en kW de cada uno, y el consumo en 12 hs, medido en kW-h, de cada uno.

Ej: Estufa eléctrica; 1,2 kW; 14,4 kW-h (consumo en 12 hs)...La tabla muestra que la estufa eléctrica consume energía a mayor ritmo que una plancha o un televisor, es decir, tiene mayor potencia (pp.218).

El libro P9 define potencia eléctrica como la *velocidad* o *rapidez* para producir o *consumir* energía eléctrica. Menciona valores de potencia eléctrica de distintos electrodomésticos, señalando que la estufa eléctrica *consume energía a mayor ritmo* que otros electrodomésticos. En Tabla 4.19, se pone en evidencia aspectos relevantes del tratamiento de la potencia eléctrica, en los textos de ESB.

Textos ESB (12 a 14 años)							
Construcción del concepto de Potencia eléctrica							
Textos	Unidad	Relación	Proceso	P			
				W/t	V.I	I ² .R	V ² /R
E8	vatio	Rapidez / trabajo					
S8	vatio watt	Cantidad de energía	Transmisión				
E9		Directamente proporcional al <i>producto</i> V.I, Directamente proporcional a I ² (Ley de Joule)	Transformación/ disipación		x	x	
S9	vatio watt	Rapidez	Entrega / disipación				
P9	kwatt	Rapidez / velocidad / ritmo	Producción / consumo				

Tabla 4.19: Potencia eléctrica. Construcción conceptual, en Texto ESB

4.1.2.5.b Textos ESP

En textos de edición anterior

Libro LS

Potencia es el trabajo realizado en la unidad de tiempo $P=W/t$...Por reemplazo, llega a $P=V.I$...La **potencia suministrada por la corriente eléctrica** es directamente proporcional a la intensidad de la corriente y a la diferencia de potencial aplicada.

Por reemplazo, $P=I^2.R$, luego plantea y resuelve ejercicios tipo donde I y R son datos (pp.321).

El texto LS construye el concepto de potencia a partir de la expresión en función del *trabajo* por unidad de tiempo $P=W/t$, expresión que se transforma, por sustitución, en $P=V.I$, hasta llegar a $P=I^2.R$.

Considera que la potencia es *suministrada* por la corriente eléctrica, lo que pondría de manifiesto la asociación alternativa corriente eléctrica-energía. De esta manera aparece un sesgo del discurso dando preferencia a expresar P en términos de I, tal como $P=I^2.R$, que es la formulación operativa en la resolución de ejercicios propuestos.

Libro ZS

Propone hacer un *listado de características de electrodomésticos*, señalando W es el símbolo de watt que indica la potencia de la lámpara, por ej. 40 W... **vamos a proponerte razonar juntos para construir una argumentación que vincule este concepto de potencia...con las cuestiones de energía eléctrica...Partiendo de $W=q.\Delta V$... llega a $P=V.I$.** (pp.70).

...Un calentador eléctrico o una plancha tienen resistores en su interior, con una elevada resistencia eléctrica. ¿Cómo está vinculada esta resistencia con la energía y con la potencia?... Sabemos que $P=V.I$, pero $V=R.I$...Entonces $P=R.I^2$...Como ves, la potencia depende de la resistencia del conductor...En cuanto a la energía $E=P.t=R.I^2.t$. Luego plantea ejercicios tipo donde R e I son datos... (pp.73).

El texto ZS presenta en primer lugar la unidad de medida de potencia eléctrica, el watt (W). Luego parte de la fórmula de energía potencial eléctrica $W=q.\Delta V$ y mediante transformaciones llega a expresar la fórmula de potencia eléctrica en términos de V e I, $P=V.I$. El texto propone esta estrategia como una forma de construir una argumentación que vincule el concepto de potencia con la energía eléctrica. Se logra encontrar una expresión simbólica pero consideramos que sin una interpretación explícita y significativa estas relaciones están lejos de constituir una argumentación sobre el tema. En cambio sí se elabora una argumentación sobre la vinculación entre resistencia y potencia. Sitúa la cuestión en el fenómeno de calentamiento en una resistencia con valor elevado. Utilizando las leyes de electricidad produce transformaciones hasta expresar la potencia en función de R e I, sesgando a continuación el discurso sólo en función de R.

Se observa que en un mismo párrafo aparece el mismo símbolo W representando dos cuestiones diferentes, en un caso es el símbolo de unidad de medida de potencia eléctrica, en otro, ya utilizado previamente, representa la energía potencial eléctrica. Difícil que los estudiantes se percaten de los distintos usos de W en el mismo texto. El problema se acentuará si consulta otra bibliografía del mismo nivel educativo que reserva W para indicar *Trabajo*, como es el caso del siguiente texto AS.

Libro AS

Define **potencia de calentamiento** como Q/t ...la potencia de calentamiento es proporcional al producto de la **tensión** por la **intensidad de la corriente**... Surge un nuevo concepto relacionado con el **trabajo de la corriente eléctrica**,...potencia eléctrica es el **trabajo realizado en cada unidad de tiempo** $P=W/t$..., $W=V.I.t$..., por lo tanto $P=V.I$.

La potencia eléctrica,

...es el **producto** de la diferencia de potencial (o tensión) por la intensidad de la corriente.

...es **proporcional a la intensidad de la corriente eléctrica y a la tensión o diferencia de potencial**

...**significa** que cuando **menor** sea el **tiempo** en que los **electrones** realicen su **movimiento**, mayor será la potencia es decir,

...**resulta proporcional a la velocidad con que se realiza el trabajo de movimiento de los electrones**

...es tanto mayor cuanto mayor es el **número de electrones desplazados en menos tiempo**...

Compara la **potencia de una corriente** en circuitos con resistores en serie y en paralelo. Para ello aplica $P=V^2/R$ y **razona** de la siguiente manera: Si el circuito tiene dos o más resistencias en serie, la intensidad disminuye, puesto **aumenta la resistencia**. Por lo tanto, en un circuito con resistencias en serie, la **potencia eléctrica disminuye**... Si el circuito posee varias resistencias en paralelo, la **resistencia total** del circuito **disminuye** y por lo tanto **aumenta la intensidad de la potencia** (pp 233).

El texto AS define *potencia de calentamiento* que relaciona con la cantidad de calor (Q) por unidad de tiempo Q/t , indicando que es *proporcional al producto de la tensión por la intensidad de corriente* que define como potencia eléctrica. Nótese que en este libro, Q indica cantidad de calor medido en calorías, por lo que el lector debe hacer el esfuerzo de no confundirlo con q de carga eléctrica.

Sostiene que el concepto de potencia eléctrica se relaciona con el *trabajo* W realizado en la unidad de tiempo. De este modo plantea $P=W/t$ y como $W=V.I.t$, obtiene $P=V.I$. Luego por reemplazo con Ley de Ohm, infiere $P=I^2.R$ y $P=V^2/R$.

Al considerar que el *trabajo* lo realiza *la corriente eléctrica*, propone construir el significado de potencia eléctrica mediante una relación directamente proporcional a la velocidad de desplazamiento de los electrones. Esto lo expresa de tres maneras diferentes, ya que indica que la potencia es mayor *cuando menor sea el tiempo en que los electrones realicen su movimiento* o *cuanto mayor es el número de electrones desplazados en menos tiempo* o *cuanto mayor es la velocidad con que se realiza el trabajo de movimiento de los electrones*. Debemos señalar que al cuantificar el tiempo en el texto se utiliza, en la primera de las frases indicadas, *cuando* en vez de *cuanto*, cuestión que no es menor en el estudio del discurso. Además el uso que se hace del término intensidad -a veces intensidad de corriente, en otra *intensidad de potencia*, que vincula a la expresión *potencia de una corriente*- cierra un círculo de concepciones alternativas de la potencia eléctrica y la corriente eléctrica.

Presenta el *vatio* significándolo como evidencia de velocidad de conversión de energía eléctrica,...*los vatios ponen en evidencia la velocidad con que la energía eléctrica que consumen esos aparatos se convierte en otro tipo de energía, por ejemplo calor o luz*.

La potencia eléctrica en un circuito con varias resistencias en serie es comparada con la de un circuito donde las mismas resistencias se conectan en paralelo. Se pone de manifiesto que en el caso del circuito en paralelo la resistencia total es menor, aspecto que según Campanario (2001) produce cierto asombro en el estudiante que habitualmente queda sin resolver desde lo explicativo, entonces la potencia eléctrica es mayor. Igualmente se nota que se utiliza la expresión V en función de R, de manera que sólo R es la variable. Se

habla de disminución y aumento de potencia eléctrica sin que quede expreso si se comparan las variaciones de potencia de circuitos en donde se aumenta el número de resistencias conectadas en serie, en un caso, o en paralelo, en el segundo. O se compara la potencia del circuito, con las mismas resistencias colocadas en serie y luego en paralelo.

El razonamiento se construye sobre la expresión de potencia eléctrica en función de V-R, centrando el razonamiento sobre variaciones de R, cuestión que cognitivamente es más económica.

Libro KS

*...la **capacidad** de una máquina para **producir energía** se expresa por su potencia $P=W/t$. La potencia mide **la energía** que es capaz de **entregar** una máquina en cada **unidad de tiempo**. Presenta una tabla con valores de potencia eléctrica de aparatos. Ej: Estufa... 660 W, disco de cocina... 1100 W, radio... 80 W (pp.230).*

El texto KS define potencia como la capacidad para producir o entregar energía W. Aunque expresa $P=W/t$, enuncia que la **potencia mide la energía** entregada en un cierto tiempo, en definitiva se aleja de construir el concepto de potencia eléctrica. Más aún cuando no se avanza para expresarla en términos de variables del circuito eléctrico. Se debería considerar el conflicto cognitivo del estudiante que consulta este texto, si en estudios superiores se encuentra en la situación de conceptuar potencia instantánea. Ya Campanario (2001) ha señalado la problemática propedéutica de la expresión $P=W/t$.

A modo ilustrativo el texto presenta los valores de la potencia de algunos aparatos eléctricos. Teniendo en cuenta las definiciones expresadas en el párrafo anterior, ¿qué interpretará el lector sobre que la estufa eléctrica tiene una potencia eléctrica de 660 W?. ¿Acaso el lector podría equivocadamente tomar el dato de 660 W como indicador de la cantidad de energía entregada o producida?... Justamente en la formación de la ciudadanía es importante que no se confunda potencia con energía. El ciudadano debe saber qué implicaciones tienen las características de potencia eléctrica indicadas en los aparatos eléctricos, como también debe saber que cuando paga sus facturas, paga por la energía eléctrica. En Tabla 4.20 se pone de manifiesto los aspectos relevantes del abordaje que realizan sobre la potencia eléctrica, los textos de ESP, de edición anterior a la reforma.

Textos ESP, de edición anterior (15 a 17 años)							
Construcción del concepto de Potencia eléctrica							
Textos	Unidad	Relación	Proceso	P			
				W/t	V.I	I ² .R	V ² /R
LS	watt	Trabajo realizado en la unidad de tiempo Corriente eléctrica como suministradora	Suministro	x	x	x	
ZS	watt	Energía y potencia, dependen de R		x	x	x	
AS	vatio	Potencia de calentamiento, Q/t Trabajo realizado en cada unidad de tiempo Trabajo de la corriente eléctrica Velocidad de desplazamiento de los electrones Velocidad de conversión de energía	Conversión Gasto	x	x	x	x
KS	watt	Capacidad para producir o entregar energía	Producción Entrega	x			

Tabla 4.20: Potencia eléctrica. Construcción conceptual, en textos ESP, de edición anterior

En textos de edición durante Reforma

Libro PP

La potencia eléctrica es la rapidez con que la energía eléctrica se transforma en otra forma de energía... Energía por unidad de tiempo... $P=V.I$; $P=I^2.R$; $P=V^2/R$... La unidad de medida es el watt. Todos los artefactos eléctricos de una casa tienen indicada su potencia. Esto permite saber la cantidad de **energía que consumirán** al conectarlos durante cierto **tiempo**.

El texto PP define potencia eléctrica como la *rapidez de transformación* de energía eléctrica, expresándola como *energía por unidad de tiempo*, que por reemplazo con la ley de Ohm toma distintas formulaciones: $P=V.I$; $P=I^2.R$; $P=V^2/R$.

Presenta el watt como unidad de medida y señala que la potencia permite saber cuánta energía *consume* un artefacto eléctrico al estar conectado un cierto tiempo. Encontramos en este texto un tratamiento sencillo de la potencia eléctrica que sienta aspectos básicos para la formación ciudadana, tal es que se la enlaza con el proceso de transformación energética y la relaciona con la vida cotidiana tal como la implicación de la cantidad de energía cuyo costo económico abona el ciudadano. Además presenta fórmulas de P y la unidad de medida. Debemos señalar la presencia de la idea alternativa de consumo, que si bien es una forma de hablar en la vida cotidiana, no corresponde al discurso académico. De todas maneras el tratamiento es básico pero claro.

Libro EP

...Se introdujo la idea de **trabajo eléctrico** (L) como el voltaje entre dos puntos de un campo eléctrico (E) necesario para transportar entre estos una unidad de carga eléctrica...

$L=q.V$...Análogamente, es factible considerar la **corriente eléctrica I** como un **transporte** continuo de **carga** desde el **potencial** más alto al más bajo.

...Se **gasta trabajo** porque se desea transportar esa carga del punto de menor potencial al punto de mayor potencial. A la inversa, si la carga se mueve de mayor a menor potencial, será esa misma **carga** la que **produzca trabajo**...El **trabajo de la carga** se apreciará como movimiento, **calor** u otra manifestación energética.

...Si $q=I.t$... $L=q.V=I.t.V$...el trabajo suministrado en la unidad de tiempo, **magnitud que se conoce con el nombre de potencia eléctrica (P_e) puede expresarse como $P_e=L/t=I.V$...un watt es la potencia eléctrica que entrega un joule en un segundo...otra forma...la potencia eléctrica es como la **rapidez** con que la energía eléctrica se transforma en otra forma de energía.**

Si se conoce la resistencia R ,... $I=V/R$ o $V=R.I$, reemplazando $P_e=I^2.R$ o $P_e=V^2/R$...KW...al igual que el watt es una **medida de la velocidad** con que se **consume** o **produce** energía...(pp. 222).

El texto EP introduce el concepto de potencia eléctrica a partir de la idea de trabajo eléctrico que había presentado en el tratamiento de V .

Considerando I como el transporte de carga desde mayor a menor V , sostiene que la **carga produce trabajo** que se manifiesta en forma de calor.

Considerando las formulaciones de trabajo eléctrico en función de V e intensidad de corriente eléctrica, logra la expresión que permite pasar a definir la potencia eléctrica como el **trabajo suministrado en la unidad de tiempo**, $P=L/t=I.V$, señalando que la potencia eléctrica significa la **rapidez** con que la energía eléctrica se transforma en otra forma de energía. También al interpretar la unidad watt se manifiesta el significado de potencia como **velocidad** de consumo o producción de energía. Se nota que la interpretación de P se realiza sobre la expresión de base L/t que activa una asociación con **velocidad**. A pesar de expresar $P=V.I$, la interpretación de la potencia eléctrica en términos de V e I está ausente. Por aplicación de la ley de Ohm transforma la formulación de potencia en función de R . De esta manera este texto expone las distintas expresiones de la potencia eléctrica en función de V - R e I - R .

Reiteradamente se menciona el proceso de transformación de energía eléctrica, pero mezclado con expresiones no académicas tales como consumo, gasto, suministro, producción.

Libro SP

...vamos a calcular con qué rapidez se produce esta transferencia, vamos a medir la potencia...La energía transferida al filamento por la carga Q es $E=V.Q=V.I.\Delta t$...Luego, $E/\Delta t=V.I$, entonces la rapidez con un componente transforma la energía eléctrica en otro tipo de energía (ej.estufa), llamada potencia eléctrica, depende de la corriente que circula por él y del voltaje aplicado en sus extremos...Estas magnitudes están relacionadas por la ley de Ohm. Si conocemos R que opone un determinado componente a cierto valor de corriente eléctrica $P=V.I=I^2.R=V^2/R$ (pp.224).

El texto SP define la potencia eléctrica como la *rapidez de transferencia de energía*. De partida considera que la carga eléctrica transfiere energía al filamento, $E=V.Q=V.I.\Delta t$, para luego formular la potencia: $P=E/\Delta t=V.I$.

El filamento transforma esa energía en otra, aparece entonces la *rapidez de transformación de energía* como concepto de potencia eléctrica. La referencia a la transformación de energía en el filamento o en un componente del circuito, conduce a transformar la formulación de P en función de R. Entonces por aplicación de ley de Ohm se transforma en $P=I^2.R=V^2/R$.

Si nos detenemos en el primer párrafo del episodio se nota que propone el proceso energético como una secuencia, donde primero la carga Q (tener en cuenta que Q en la bibliografía del ex secundario representaba cantidad de calor y en este caso carga eléctrica) transfiere energía a la resistencia (filamento) y luego esta la transforma en otra forma de energía. Debemos destacar que en esta enunciación secuencial se nota que en ningún caso se justifica cómo se produce el proceso. Los términos transferencia y transformación sirven para enmascarar una explicación del proceso que parece quedar como obvio o quizás se evite tratar.

El kilowatt aparece como unidad de medida de la potencia en relación con la energía *consumida* en una hora. Aparecen ejercicios de aplicación de las fórmulas operativizando aquellas donde aparece V.

En diferentes partes del análisis de los conceptos, se ha notado la diversidad de simbología y formas de denominar a un mismo concepto que hacen los distintos textos. Diversidad que se concentra sobre todo en términos vinculados de alguna manera con la cuestión energética: trabajo (L, W), energía potencial eléctrica (W, E, E_{pe}), se simbolizan en forma distinta según el texto.

Consecuentemente no llama la atención que la potencia eléctrica también tenga distinta denominaciones o expresiones. Se ha encontrado que el texto EP, en vez de P utiliza P_e al designar potencia eléctrica. También en textos de Polimodal es distinta la formulación de potencia eléctrica, E_{pe}/t , L/t o E/t , según el texto de Polimodal que se consulte. ¿Cómo entender la ciencia escolar sin un lenguaje común? ¿Cuántos conceptos distintos se expresan con E? ¿Qué decir de utilizar P_e para denominar la potencia eléctrica? ¿En dónde ha quedado el

esfuerzo de los científicos para consensuar el Sistema Internacional de Unidades (SI)?.

Si se confronta el análisis de la construcción del concepto de potencia eléctrica con los resultados del análisis de la institucionalización del fenómeno, al inicio del presente capítulo, resulta que estas expresiones de P, en sus diferentes expresiones, son en definitiva las utilizadas para enunciar la Ley de Joule. La Tabla 4.21 recoge resultados del análisis aplicado a los textos de ESP editados durante la reforma, sobre el tratamiento de potencia eléctrica.

Textos ESP, de edición durante Reforma (15 a 17 años)							
Construcción del concepto de Potencia eléctrica							
Textos	Unidad	Relación	Proceso	P			
				W/t	V.I	I ² .R	V ² /R
PP	watt	Rapidez Energía por unidad de tiempo	Transformación / consumo	E_{pe}/t	x	x	x
EP	watt kwatt	<i>Trabajo de la carga</i> (L) Rapidez de transformación Velocidad de consumo	Transformación/producción / suministro/ gasto/ consumo	$P_e = L/t$	x	x	x
SP	kwatt	Rapidez	Transformación / consumo	E/t	x	x	x

Tabla 4.21: Potencia eléctrica. Construcción Conceptual en Textos ESP, de edición durante Reforma

4.1.2.5.c Conclusiones sobre la construcción conceptual de Potencia eléctrica

A partir de los resultados recogidos en las Tablas (Tablas 4.19; 4.20 y 4.21) es posible destacar las siguientes características sobre la forma en que cada libro de texto construye el concepto de potencia eléctrica.

Se observa que la totalidad de los textos de ESB (Tabla 4.19) introducen la unidad de medida de la potencia eléctrica (watt, vatios, kwatt) y construyen el concepto de potencia eléctrica sosteniendo la relación con el tiempo en términos de *velocidad*, *rapidez* o *ritmo* de un proceso de *transmisión*, *disipación*, *producción* o *consumo* de energía. Se nota, por una lado, que el término *rapidez* aparece en bibliografía editada en tiempo de reforma educativa, en algún caso (EP) coexiste con el término *velocidad*; por otro, el proceso se enuncia como *transformación* en los textos de Polimodal, coexistiendo con la idea de *consumo* (PP, EP, SP). El discurso de los nuevos textos denota persistencia de ideas que la investigación educativa hace tiempo señala como alternativas.

En ESB solamente el libro E9 cuantifica la potencia eléctrica mediante su formulación en términos de V e I , que transforma en términos de R e I al aplicar la Ley de Ohm, reemplazando V . Luego institucionaliza esta forma como Ley de Joule, y finalmente V desaparece.

Los textos de ex Secundario (Tabla 4.20) y Polimodal (4.21) expresan la potencia eléctrica a partir de la relación trabajo (W o L) por unidad de tiempo, de ahí se asocia a la *rapidez* o *velocidad* de transformación de energía.

Sobre la expresión básica de $P=V.I$, la aplicación de la ley de Ohm, da lugar a reemplazos que derivan en otras formas de expresar la fórmula de la potencia en función de $V-R$ o $I-R$. Todas estas formulaciones, aparecen en los textos de Polimodal y ex Secundario, aunque en algunos textos de ex Secundario no aparece la relación $V-R$, la cual es sustantiva en caso de estudiar distintos circuitos con V constante o potencia en ramas en paralelo con distinta R , presentes en electrodomésticos comunes en la vida cotidiana, donde la red eléctrica domiciliaria tiene V constante o también en aquellos aparatos a pilas con V constante.

4.1.3 Análisis de actividades propuestas por los libros sobre el fenómeno

Se ha puesto en evidencia en apartados anteriores que la totalidad de los textos destinados a la franja de edad de la nueva Educación Secundaria (12 a 17 años) tratan el fenómeno, ya sea desde su sola mención, mediante explicaciones que acuden a diversos modelos, utilizando conceptos claves para la interpretación, formulando leyes de la electricidad vinculadas y su institucionalización como Efecto o Ley de Joule.

El fenómeno tiene una presencia continua a lo largo de todo el nivel educativo, con amplio uso de lenguaje y formulaciones. Sobre este conocimiento aportado por las fuentes bibliográficas que consulta el alumnado, resulta de interés para este estudio conocer si las mismas proponen actividades o situaciones problemáticas similares al problema auténtico que se utiliza, en nuestra investigación, para la recogida de información del profesorado en formación y en ejercicio.

La investigación educativa aporta un marco que pone de manifiesto las dificultades que de los alumnos para aprender y saber interpretar la Ley de Joule, al resolver actividades. Pozo y Crespo señalan (1998).

La ley de Joule... es representativa de las relaciones cuantitativas en el estudio de los circuitos eléctricos...los alumnos son capaces de utilizarlas prácticamente sin dificultades a la hora de hacer cálculos, de una forma mecánica y algorítmica, pero van a encontrar problemas a la hora de interpretar las relaciones cuantitativas entre las distintas variables implicadas. Es decir, el éxito en los cálculos en ejercicios numéricos no garantiza la comprensión de las leyes cuantitativas de los circuitos eléctricos (pp.251).

Se aporta también el tipo de dificultades a las que se debe enfrentar el alumno cuando resuelve problemas cualitativos, cuantitativos o pequeñas investigaciones.

Problemas cualitativos: *...el alumno puede resolverlo a partir de sus conocimientos por medio de razonamientos teóricos...las principales dificultades que enfrentan son reconocer el problema y comprender los conceptos implicados en él...cuando el problema es demasiado abierto necesitan que el profesor los enfoque hacia el terreno de la discusión en términos de electricidad. Otra dificultad se relaciona con la comprensión de los conceptos físicos implicados en el problema (pp.253-254)..*

Problemas cuantitativos: *... las estrategias de trabajo que el alumno necesita desarrollar están enfocadas fundamentalmente a los cálculos matemáticos, la utilización de fórmulas o la comparación de datos (pp.255).*

Pequeñas investigaciones: *...se plantea una pregunta cuya respuesta necesariamente requiere la realización de un trabajo práctico por parte de los alumnos, tanto en el laboratorio escolar como fuera del aula...constituyen una aproximación al trabajo científico, ayudando a relacionar conceptos teóricos con algunas de sus aplicaciones prácticas, y a transferir los conocimientos escolares a ámbitos más cotidianos...Los alumnos tienen dificultades para utilizar estrategias de pensamiento formal relacionadas con el trabajo científico...en las aulas y libros de texto de física suele proponer actividades para que el alumno practique el método...el alumno no puede trabajar como un científico...sin embargo, sí puede y debe entrenarse en el uso de procedimientos propios del trabajo científico...Las pequeñas investigaciones, van dirigidas al trabajo con procedimientos específicos y concretos...el tipo de procedimiento que queremos que los alumnos practiquen va a ser determinante en la forma en que se presente la actividad y en las pistas y ayudas que se proporcione (pp.259-260).*

4.1.3.a Textos ESB

Libro E8

No incorpora actividades o problemáticas relacionadas con el fenómeno en estudio.

Libro S8

Presenta una actividad, con supuesta intención didáctica, para abordar el uso racional de la energía eléctrica. Plantea la siguiente pregunta,

¿Cuales aparatos consumen más?. Solicitando justificar y examinar el manual de cada aparato (pp.62).

La actividad demanda la búsqueda de información y a partir de ella la elaboración de una justificación que, por la fuente que se sugiere consultar, se debe hacer mediante el valor de la potencia eléctrica indicada en el manual. El enunciado denota la idea de abordar la cuestión de la energía eléctrica en relación con aparatos de uso cotidiano, desde un punto de vista del *consumo*.

Libro E9

Determinen si el tomacorriente indicado para cada uno de los siguientes artefactos es el correcto, y justifiquen sus respuestas. Calculen, además, la resistencia de cada artefacto mediante la ley de Ohm (pp. 69):

Artefacto	Potencia	Voltaje	Tomacorriente
plancha	600 W	220 V	6 A
Estufa	2300 W	220 V	10 A
Estufa	2000 W	110 V	10 A
...	...	...	...
Lámpara dicroica	75 W	12 V	6 A

Resolver la actividad requiere calcular I, a partir de P y V como datos. Para ello el alumno puede recurrir a la expresión $P=V.I$. Luego, para calcular R, por sugerencia del texto opera la ley de Ohm, $V=I.R$, aunque la resolución a partir de los datos hubiera sido aplicando $P=V^2/R$.

Disponer de los valores de I, R y P de distintos artefactos, podría dar la oportunidad para realizar un estudio comparativo e interpretativo del calentamiento en artefactos donde se aprovecha la transformación de la energía eléctrica, tales como son la estufa y la plancha conectadas a la misma red eléctrica de 220 V. Sin embargo, la actividad no promueve la relación entre los resultados de R e I, y mucho menos entre ellos y la potencia, desde una visión de sistema.

La presencia en la tabla de dos estufas con distinta potencia constituyen una oportunidad, que el texto no aprovecha, para plantear preguntas del tipo del problema auténtico que se plantea en la presente investigación.

Libro S9

El texto S9 presenta diversas actividades que podrían relacionarse con el fenómeno. En una de ellas se plantean dos circuitos con lámparas, uno en serie y otro en paralelo y a partir de ello plantea:

¿En cuál de los circuitos las lámparas brillan más? ¿Por qué? (pp.77).

Esta pregunta es clásica en la investigación educativa sobre cuestiones de electricidad, existiendo amplia información sobre las ideas que tienen los alumnos. Si la resolución es solo indicar por qué está en serie o por qué está en paralelo, es una actividad que se empobrece didácticamente. De ser explotada para explicitar ideas y razonamientos se volvería enriquecedora.

Luego, bajo el título de **Actividad para investigar** plantea, *¿Qué es un watt o vatio? (pp.79)*

Este tipo de actividad es una ficción de investigación, ya que el propio texto indica la respuesta más adelante.

Finalmente, en la *Carpeta de actividades* (pp.315) presenta la potencia eléctrica como *la rapidez con que un aparato entrega o consume energía* y las unidades de medida de potencia (watt) y energía eléctrica (Kilowatt-hora). En relación con ello, plantea actividades. Se extrae una de ellas, que podría vincularse con el fenómeno.

Elijan algunos aparatos de su hogar. Averigüen qué potencia tienen (en una chapa, ubicada en la parte posterior, o en los manuales de instrucciones se indica este dato). Calculen cuánto tiempo suelen permanecer encendidos cada semana y completen el siguiente cuadro (pp.316).

Aparato	Potencia	Tiempo de encendido en una semana	Kilowatts-hora consumidos en una semana	Gasto de dinero en una semana	Gasto de dinero en un bimestre
...					

La actividad reviste potencialidad para crear conciencia sobre la potencia de artefactos de uso en la vida cotidiana, su relación con la energía eléctrica y el impacto económico sobre quien tiene que afrontar el pago. En vez de investigación, es un problema de cálculo, a partir de datos indicados.

Libro P9

El texto P9 propone la plancha como ejemplo de *aplicación del efecto Joule* (pp.224), indicando que también las estufas y tostadoras eléctricas tienen el mismo principio de funcionamiento. Plantea:

Averiguá qué otros electrodomésticos basan su funcionamiento en el efecto Joule.

Como en el texto anterior, aparece el término averiguar como si con éste se pretendiera una pequeña investigación. Sin embargo está lejos de serlo ya que la misma fuente que lo propone brinda la información. Y si no lo hiciese, el alumno por analogía buscaría qué otros artefactos calientan, siendo fáciles de encontrar otros ejemplos en su vida diaria. Aparte de identificar, la actividad no propone justamente lo que podría ser una oportunidad de hablar sobre lo que denomina *principio de funcionamiento* de la estufa. En Tabla 4.22, se recoge las características principales de las actividades que los textos de ESB, plantean en relación con el fenómeno de transformación de energía eléctrica en la resistencia.

Textos ESB (12 a 14 años)					
Actividades relacionadas con el fenómeno					
Textos	Potencia eléctrica		Propósito didáctico	Contexto de aplicación	Intercambio energético
	Modo de operar	Estrategia utilizada			
E8	-	-	-	-	-
S8	Magnitud	Leer valores	Uso racional de la energía	Electrodomésticos	Consumo
E9	$P=V.I$ $V=R.I$	Calcular I Calcular R	Uso racional de la energía	Electrodomésticos	-
S9	Unidad Magnitud Relación con la energía	Comparar brillos Lectura de valores $P= \text{Energía}/t$	Uso racional de la energía Gasto de dinero	Electrodomésticos	Consumo
P9	Tabla de P y Energía en un tiempo t.	Leer valores Comparar P	Uso racional de la energía	Electrodomésticos	Consumo

Tabla 4.22: Actividades relacionadas con el fenómeno, en Texto ESB

4.1.3.b Textos ESP

En textos de edición anterior

Libro AS

El texto AS modeliza la resolución de comparación de la potencia total, entre circuitos en serie y circuitos en paralelo. La estrategia consiste en plantear $P=V.I$, reemplazar con la Ley de Ohm y en definitiva aplicar el valor de la resistencia total en $P= V^2/R$. Si bien sólo compara valores de potencia, la actividad podría aprovecharse para reflexionar sobre la relación entre la resistencia total y la potencia total de cada circuito, también la presencia de leyes podría dar

oportunidad de estudiar el fenómeno desde las mismas. Sin embargo, el procedimiento es sólo cuantitativo y con estrategia que lleva a trabajar con una sola variable, R .

Plantea y resuelve un problema numérico con tres R conectadas en serie y luego en paralelo. Resuelve a partir de $P = V \cdot I$,...para resistencias en serie calcula R , $I = V/R$, luego $P = V \cdot I$. Indica que es posible aplicar $P = V^2/R$...para resistencias en paralelo, calcula R_t , luego $P = V^2/R$. Concluye ... que la potencia disminuye, cuando los resistores están en serie y aumenta cuando están asociados en paralelo (pp.234-235).

El texto establece aplicaciones tecnológicas del fenómeno, nombrando artefactos que calientan. De éstos, expresamente indica que *todos ellos tienen resistencia con pequeña sección y gran longitud*, por lo cual queda instalada, desde la autoridad que representa el texto, la relación gran longitud de R -efecto Joule.

*...aplicaciones tecnológicas...**Calentadores...**Planchas, hornillos, termos, encendedores eléctricos, etc., son ejemplos domésticos de la aplicación del efecto Joule. Observe que en todos ellos las resistencias son conductores de pequeña sección y **de gran longitud**; por ello, van arrollados como un rulo...Ambas magnitudes son fundamentales, según lo estudiado al tratar el cálculo del valor de resistencias en función de sus dimensiones.....La resistencia de la **estufa** o del **calentador eléctrico se pone al rojo**. Si esa resistencia fuera aún de menor sección, llegaría, por la misma causa, a ponerse incandescente. Este proceso es el fundamento de la iluminación eléctrica (lámpara) por incandescencia...(pp 236).*

Libro LS

El texto LS propone cuestiones de cálculo (pp. 323, 327 y 328) de potencia y energía eléctrica, que modeliza su resolución aplicando $W = I^2 \cdot R \cdot t$ y $P = I^2 \cdot R$.

...Una resistencia de 0.5 ohm es recorrida durante una hora por una corriente de 2 A. Calcular: W , en joule y wh , y la potencia de la corriente en watt.

Libro ZS

El texto ZS ejemplifica valores de potencia de electrodomésticos donde se manifiesta el fenómeno de calentamiento. Luego propone cuestiones de cálculo donde aplica $P = V \cdot I$ y $P = I^2 \cdot R$, también en circuito serie y paralelo. La resolución no va más allá del cálculo mismo. Algunas de estas actividades son:

*...ejemplifica valor de potencia de algunos electrodomésticos: ... estufa 1200 W, plancha 500 W. (pp.68).
... calcular la potencia de una pava eléctrica, dando como datos V e I (pp.71).
... calcular la potencia, a partir de los datos R e I e indica aplicar $P = R \cdot I^2$
...calcular I , P y energía para circuito con resistencias en serie y luego paralelo.*

Libro KS

El texto KS presenta una tabla con valores de potencia para algunos electrodomésticos, especialmente aquellos donde se manifiesta calentamiento. Luego propone problemas donde R, o bien es dato o debe calcularse a partir del dato de P. La actividad no pasa del simple cálculo ya que, apareciendo valores de R de artefactos conectados a la misma red, no se manifiesta análisis sobre la relación de R con el fenómeno. Algunas de estas actividades son:

...Presenta *tabla con valores de potencia eléctrica de aparatos*. Ej: estufa 660 W, disco de cocina 1100 W, radio 80 W (pp. 230).
 ... *dados artefactos en serie, dato la energía consumida, calcular V e I* (pp. 234-235).
 ...operativiza $V = P/I$ conociendo dos variables (pp. 239-240).
 ...*La potencia de una plancha eléctrica que trabaja a 220 V es de 250 W. Cuál es su resistencia?* Resuelve combinando $R = V/I$ y $P = V \cdot I$...Luego $R = V^2/P$... $R = 194 \text{ ohm}$ (pp. 244).
 ...*Un calentador de 73,3 ohm de resistencia se conecta a 220 V. Calcular la intensidad que atraviesa al calentador* ...Calcula I, luego recalcula I habiendo variado V y R. En este caso calcula la energía consumida (pp. 245).

En Tabla 4.23 se muestra aspectos relevantes de las actividades que plantean los textos de ESP editados antes de la reforma, en relación con el fenómeno motivo de análisis.

Textos ESP, de edición anterior (15 a 17 años)					
Actividades relacionadas con el fenómeno					
Textos	Potencia eléctrica		Propósito didáctico	Contexto de aplicación	Intercambio energético
	Modo de operar	Estrategia utilizada			
AS	$P = V \cdot I$ $P = V^2/R$	Comparar P en circuito serie y paralelo; R con L mayor	Aplicación Ley de Joule	Electrodomésticos Calentadores	
LS	$P = I^2 \cdot R$	Calcular energía y P	Cálculo		
ZS	Magnitud $P = V \cdot I$ $P = I^2 \cdot R$	Leer valores Calcular I, P, energía	Cálculo	Electrodomésticos	
KS	Magnitud $P = V \cdot I$ $P = V^2/R$	Leer valores Calcular energía y P Calcular R e I	Cálculo	Electrodomésticos	Consumo

Tabla 4.23: Actividades relacionadas con el fenómeno, en Textos ESP, de edición anterior

En textos de edición durante Reforma

Libro EP

El texto EP propone situaciones abiertas sobre transformaciones energéticas, en relación con lo que denomina uso racional de la energía. Tan poco específicas que hasta pueden solucionarse con ejemplos, dado que propone analizar situaciones en las que el nivel de complejidad depende de lo que propongan los estudiantes.

Actividad: Uso racional de la energía

Propósito: analizar diferentes situaciones actuales sobre el uso de la energía, con el objeto de identificar aquellas que impliquen abuso en el consumo y las que impliquen el uso de energías alternativas (pp.4).

Actividad: las transformaciones energéticas

Propósito: describir en forma cualitativa, las variaciones de energía producidas en algunas situaciones cotidianas (pp.5).

La ausencia de definición de las situaciones por parte del texto puede dar lugar a respuestas vagas o alejadas del logro del potencial didáctico que se supone debería tener la actividad. También plantea problemas de cálculo, de resolución por aplicación de $P = V \cdot I$ o $P = \text{energía}/t$.

Problemas numéricos

...Un dispositivo que está conectado a una fuente de 220 V genera 2000 J en un tiempo $t = 20$ s. De cuántos watts se trata?

*... En una factura de **consumo** de energía eléctrica se indica que el **consumo** fue de 500 kWh. Si los usuarios que deben abonarla aseguran que sólo tienen cuatro lamparitas de 60 W, Durante cuánto tiempo estuvieron encendidas para justificar la factura recibida?*

...Un aparato que permanece encendido durante ocho horas, conectado a una fuente de 15 V, con una intensidad de corriente de 2 A, tiene una potencia desaprovechada de 15 W. Indiquen cuánta será su potencia aprovechable (pp. 48).

Estos planteamientos tienen las características de representar ejercicios numéricos. Contando con la totalidad de datos, por reemplazo en fórmulas, se obtiene un resultado, que por lo descontextualizado, poco real y de resolución mecánica, con escaso valor desde el punto de vista del aprendizaje. Por otra parte, los enunciados refuerzan la idea de consumo de energía.

Libro SP

El texto SP plantea cuestiones donde se aplican distintas expresiones de potencia eléctrica, $P = \text{energía}/t$, $P = V \cdot I$, $P = V^2/R$, $P = I^2 \cdot R$.

*...Calcular energía consumida, I y R del artefacto (plancha y lamparita), contando con datos de potencia y diferencia de potencial. Concluye que: **Plancha, I es alta y R es baja**; Lamparita, I es baja y R es alta. Aplica $P = \text{energía}/t$, $P = V \cdot I$ y $P = V^2/R$.*

Aparecen cuestiones específicas donde se comparan I y R de artefactos con distinta P. También aparecen comparaciones entre potencia en circuitos en serie y en paralelo. Algunas de las situaciones demandan, desde el cálculo lo mismo que el problema auténtico planteado en la presente investigación. Sin embargo, por el tipo de planteamiento, no requieren de tomas de decisión, discusiones ni argumentos.

... teniendo en cuenta que las conexiones hogareñas tienen 220 V aplicados en sus terminales, cuáles lamparitas ofrecen mayor resistencia: la de 40 W o las de 100 W? Por cuál circula mayor corriente? (pp.232).

... dadas dos resistencias R_1 y R_2 están conectadas en serie. Si R_1 es menor que R_2 . a) en cuál se disipa más energía? b) qué expresión resulta más adecuada para contestar la pregunta anterior $P=I^2 \cdot R$ o $P=V^2/R$. Justificar

... resuelvan el problema anterior suponiendo que las resistencias están conectadas en paralelo. Comparen las respuestas.

...dadas dos lámparas conectadas en paralelo solicita: ...las lámparas comunes se identifican como de 100W, 75 W y 60 W, según la potencia que consumen conectadas a la red de 220 v en paralelo. Calcular cuál es la intensidad de corriente y cuál es la resistencia del filamento en cada caso. Cuál brillará más al ser conectada en paralelo. Cuál brillaría más, montada en serie? (pp.328)

También se proponen actividades para explicar la causa del fenómeno de calentamiento que en el texto se aborda en términos de **consumo o disipación**, reafirmando ideas alternativas que tendría que ayudar a superar.

... Contestar... por qué se calientan los cables cuando se los conecta a la red?

...Debatir: generalmente se dice que las estufas de cuarzo consumen mucha electricidad. Está bien? Qué es lo que consumen?..

Libro PP

El texto PP propone problemas numéricos, que se resuelven aplicando $P=energía/t$ o $P=V \cdot I$ (pp.209), con un nivel de demanda cognitiva bajo, similar a las propuestas por el texto EP.

...Ordenen los siguientes artefactos en orden creciente, según la energía que consumen durante ese tiempo: Lavarropa: 2100 W, durante 1,5 h; ...; Lámpara: 75 W durante 24 h; ...; Estufa eléctrica: 900 W, durante 4 h;...; Plancha: 1550 W, durante 2 h

...En el bulbo de una lámpara se lee 40W-220V. Cuál es la intensidad de la corriente máxima que soporta la lámpara al conectarla en esas condiciones?

...Una cafetera eléctrica se conecta a 220V y por ella circula una intensidad de corriente de 4 A. Calculen el tiempo que debe estar conectada para que disipe una energía de 50000 J.

En Tabla 4.24 se pone en evidencia las características que revisten las actividades relacionadas con el fenómeno, que presentan los textos de ESP editados durante la reforma.

Textos ESP, de edición durante Reforma (15 a 17 años)					
Actividades relacionadas con el fenómeno					
Textos	Potencia eléctrica		Propósito didáctico	Contexto de aplicación	Intercambio energético
	Modo de operar	Estrategia utilizada			
EP	$P = \text{Energía}/t$ $P = V \cdot I$	Analizar situaciones Describir cambios Calcular Energía y P	Uso racional de la energía Transformaciones energéticas	Situaciones cotidianas	Consumo
SP	$P = \text{energía}/t$ $P = V \cdot I$ $P = V^2/R$ $P = I^2 \cdot R$	Calcular I y R en artefactos con distinta P Comparar R de artefactos con distinta P Comparar P entre 2 R serie Comparar P entre 2 R paralelo Comparar P entre R en serie y paralelo Analizar causas del fenómeno calentamiento	Cálculo Aplicación de modelos / leyes	Electrodomésticos	Consumo Disipación
PP	Calentadores $E = R \cdot I^2 \cdot \Delta t$ $P = V \cdot I$	Relacionar R mayor, energía consumida mayor, calentamiento mayor Ordenar E consumida, por artefactos con $\neq P$ y $\neq t$ Calcular I	Cuantificar transformación / consumo de energía Cálculo	Electrodomésticos	Consumo transformación

Tabla 4.24: Actividades relacionadas con el fenómeno, en Texto ESP, de edición durante Reforma

4.1.3.c Conclusiones sobre las actividades relacionadas con el fenómeno

Resultado del análisis de textos de ESB se ha puesto de manifiesto que las actividades se denominan *investigativas*, pero en la práctica sólo implican definir la unidad de medida de potencia eléctrica o calcular potencia, energía *consumida*, o *gasto* de dinero por el funcionamiento de algunos electrodomésticos, o leer un dato. Las actividades, a través de datos numéricos de potencia de artefactos, parece que intentan que el alumno tome conciencia del uso racional de la energía.

Los textos parten del supuesto de que los estudiantes tienen el conocimiento previo de que los artefactos se conectan a la misma red eléctrica. Sería importante que los textos tengan en cuenta la dificultad que tienen los alumnos respecto a confundir diferencia de potencial con fuente de corriente.

En ningún caso se encontraron actividades similares a la planteada por el problema auténtico o conducentes al estudio del fenómeno. Sin embargo, es posible aprovechar algunas de ellas para el análisis y comprensión conceptual del fenómeno. Sólo es cuestión de intención educativa, por ejemplo al resolver las cuestiones sobre artefactos con diferentes potencias eléctricas conectados a la misma red eléctrica.

Del estudio de actividades planteadas por los Textos de Polimodal, editados antes de la reforma (Tabla 4.23) surge que la totalidad son de tipo cuantitativo, utilizando expresiones de potencia P , simplificadas a una sola variable por la estrategia de reemplazo por la Ley de Ohm. Tienen en común con los textos de ESB, la utilización de referencias a artefactos electrodomésticos que calientan y la lectura de su potencia eléctrica. Sin embargo el resultado del cálculo no es aprovechado como oportunidad para reflexionar sobre la cuestión energética y la vinculación entre variables del circuito.

Además, la estrategia de resolución modelo propuesta por los textos, promueve el razonamiento con una sola variable. Pero sobre la variación de R señala una vinculación directa entre mayor R y mayor efecto calentamiento, sin notar que esta comparación la realiza sobre la R de un circuito serie.

De los textos de Polimodal (Tabla 4.24), resulta que la totalidad plantea problemas que demandan ejercicios de cálculo y no representan problemas de comprensión del fenómeno físico o de toma de decisiones. Las actividades hacen referencia a electrodomésticos que el alumno conoce de la vida cotidiana, solicitando calcular el *consumo* de energía.

Por otra parte se plantea analizar y describir situaciones tan abiertas que el propio texto deja plena libertad al alumnado. Tanta imprecisión y la ausencia del planteamiento concreto de un problema, lejos están de constituir pequeñas investigaciones.

4.2. Análisis de episodios en la argumentación sobre el fenómeno

Con el análisis anterior ha sido posible poner de manifiesto la construcción de cada uno de los conceptos claves involucrados en el fenómeno. Considerando que la argumentación del mismo es una construcción compleja donde se conjugan los diferentes conceptos con sus correspondientes significados, resulta de interés analizar qué y cómo se utiliza el conocimiento en la argumentación del fenómeno que realiza cada uno de los libros de la muestra.

El proceso de análisis consiste en detectar *episodios* de construcciones argumentativas en el avance del tema, siendo posible que en algún caso aquellos repitan partes relevantes del discurso citadas en el estudio realizado en el apartado 4.1, pero que en éste se estudian desde el papel que ocupan como

elemento de argumentación del fenómeno. Luego se confronta el argumento del libro con aquel argumento del referencial del investigador, utilizando el Patrón Argumentativo de Toulmin (TAP), con el fin de conocer qué conocimientos del referencial se utilizan en la bibliografía escolar.

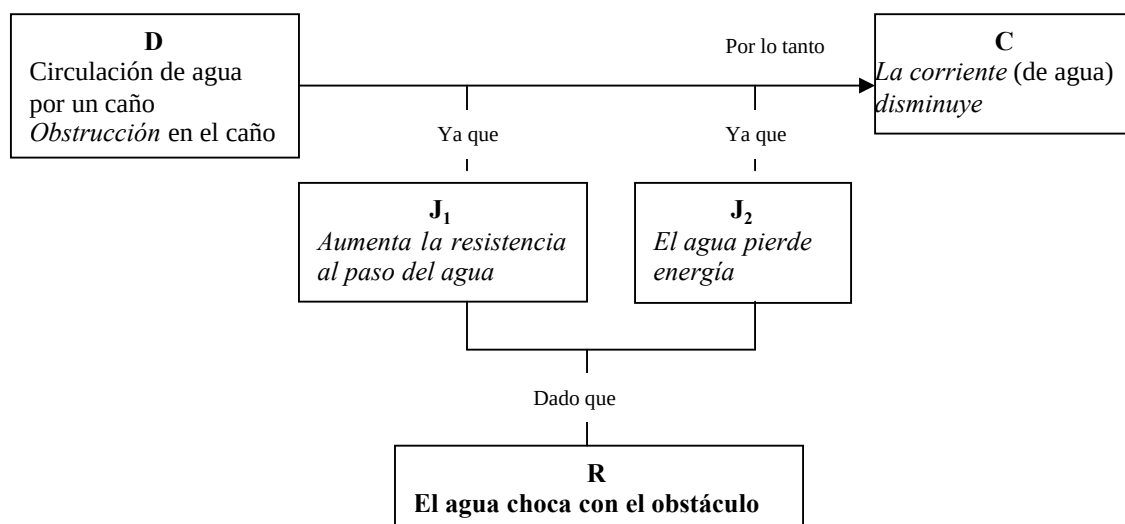
4.2.a. Textos de Educación Secundaria Básica (ESB) o EGB3

4.2.a.1 Episodios de la construcción argumentativa del libro E8

En el libro E8 el autor aborda el fenómeno en estudio bajo el título *La resistencia, la corriente y la energía* (pp.106). Del análisis surge un tratamiento basado en un modelo analógico, que conceptualiza la circulación de corriente eléctrica a través del modelo hidráulico. Proponiendo una analogía que expresa de la siguiente manera:

...Cuando una cañería se obstruye, el agua ya no puede circular tan fácilmente. La obstrucción aumenta la resistencia del caño al paso del agua. Además, el agua, al chocar con el obstáculo, pierde energía y, en consecuencia, la corriente disminuye. Lo mismo ocurre si en una instalación se sustituye un caño grueso por uno muy fino.

Y posible de mostrar con el siguiente Esquema.

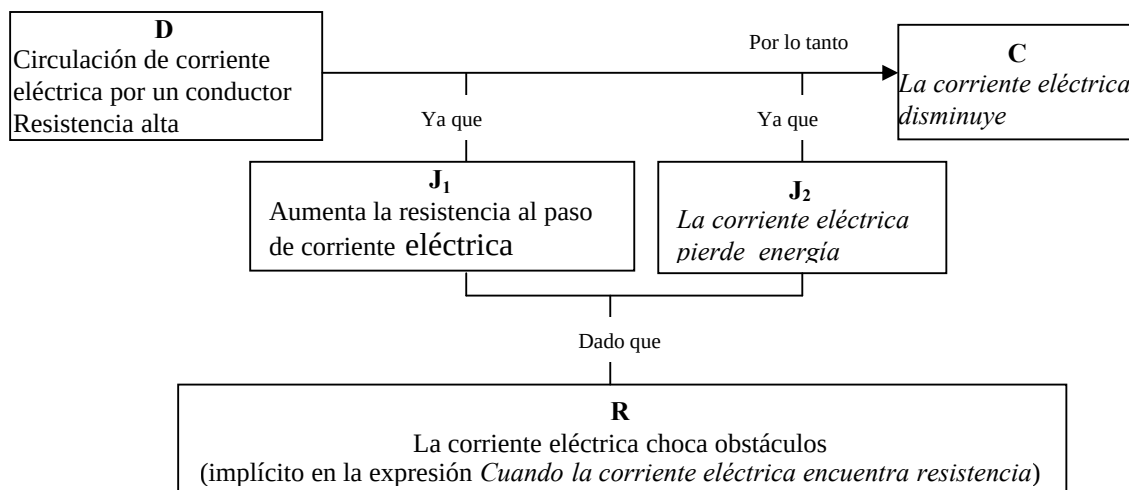


Esquema 4.1: Presentación del argumento analógico del fenómeno en el libro E8

Luego, se argumenta análogamente en el caso de la circulación de corriente eléctrica en un circuito, afirmando que:

...si en un circuito se sustituye un material conductor que tenga muy poca resistencia (por ejemplo un trozo de cable) por otro que tenga mayor resistencia, la corriente eléctrica también disminuye.

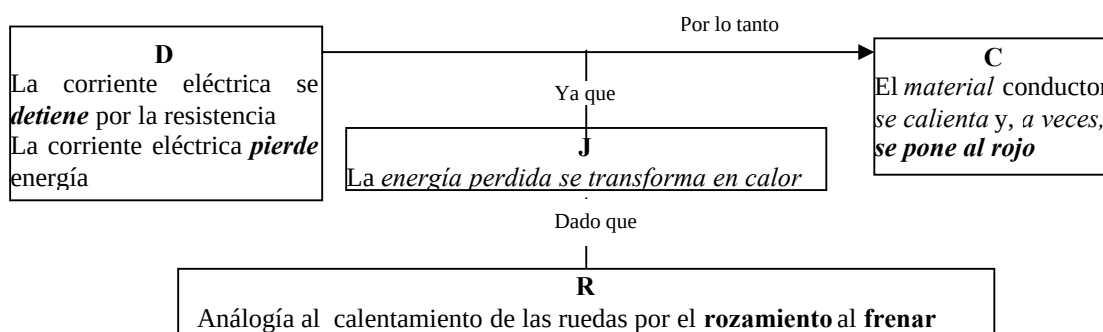
Cuanto más delgado sea un cable tanto más resistencia ofrecerá al paso de la corriente. El finísimo hilo conductor metálico con el que se fabrica el filamento de las lámparas ofrece más resistencia eléctrica que el cable...cuando la corriente eléctrica encuentra resistencia, pierde parte de su energía, lo que hace que la corriente disminuya.



Esquema 4.2: Argumento analógico de la relación entre resistencia y corriente eléctrica, texto E8

Además trata la transformación de energía eléctrica en calor a través de la analogía de la transformación de energía mecánica en calor basándose en un fenómeno de tipo disipativo como es el rozamiento en los frenos. Parecería que el fenómeno de transformación de energía eléctrica en una resistencia se relacionara con un modelo de atenuación de la corriente eléctrica.

*...esa energía que la corriente eléctrica pierde al detenerse por causa de la resistencia se puede transformar en calor que calienta el material por donde pasa (algo muy parecido sucede con los frenos de las bicicletas y de los autos: también se calientan cuando la rueda se frena)...los materiales calientes, a veces, **se ponen al rojo**...*



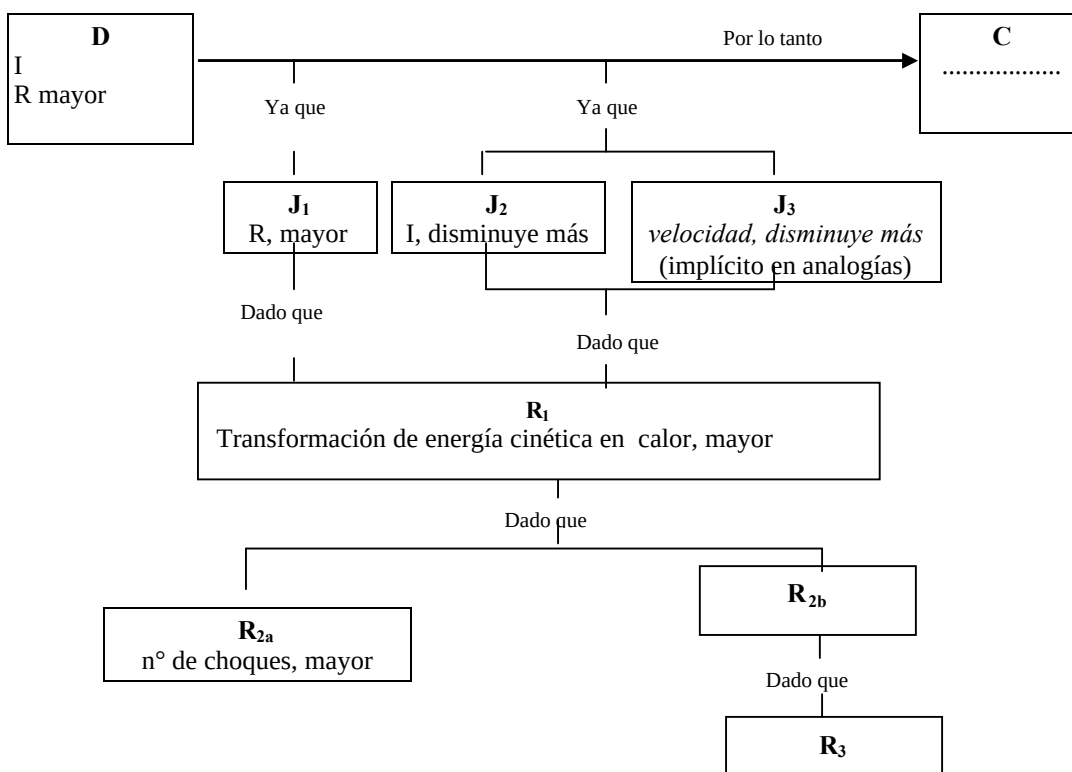
Esquema 4.3: Argumento sobre la relación entre corriente eléctrica y el fenómeno de calentamiento en una resistencia en el libro E8

Se ha puesto de manifiesto que no se utilizan las leyes de la electricidad y que el argumento se basa en un modelo analógico, a partir del cual podría interpretarse que con distintas resistencias pudiera darse un mismo valor de la

intensidad de corriente que, luego de encontrar la resistencia, tendría *atenuación* mayor o menor según el valor de la misma.

Desde este punto de vista sería posible que el lector interpretara que un circuito con resistencia mayor producirá una mayor *atenuación* de la intensidad de corriente al pasar por aquella y esto, interpretado como mayor *pérdida de energía de la corriente*, implicaría mayor calentamiento en la resistencia de la estufa.

Se evidencia entonces que el fenómeno se construye a partir de un modelo analógico, por lo tanto se compara (Esquema 4.4) con el esquema referencial analógico identificando sobre este qué conocimiento podría disponer el lector de dicho texto para la construcción del argumento, si tuviera que resolver el problema auténtico que se utiliza como herramienta de recogida de información.



Esquema 4.4: Comparación entre el argumento referencial analógico del investigador y la argumentación del libro E8

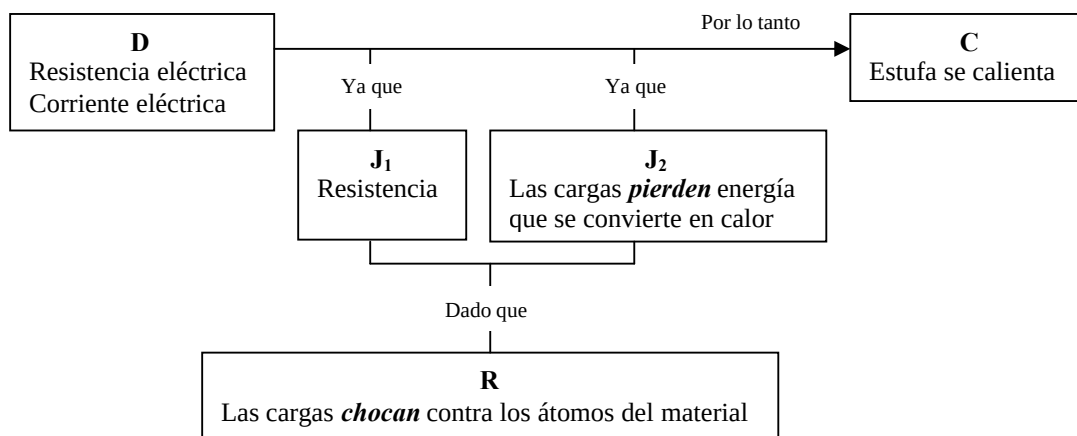
Como ya se ha indicado, en los libros de la muestra investigada no se encuentra ninguna situación similar al problema auténtico, consecuentemente en esta investigación se decide que en la comparación con el esquema referencial se deje sin completar el cuadro de la Conclusión (C), puesto que siendo una situación hipotética se evita enunciar conclusiones que el libro no emite.

4.2.a.2. Episodios de la construcción argumentativa del libro E9

El libro E9 aborda el fenómeno en estudio bajo el título *Pérdidas de energía: Ley de Joule* (pp. 67), siendo relevante para esta investigación el hecho de que se utiliza la estufa eléctrica como ejemplo. Se realiza el tratamiento del fenómeno basándose en la conceptualización de la resistencia eléctrica como *dificultad* u *obstáculo* para la circulación de *cargas*. Se ubica el fenómeno de transformación de energía, visto como *pérdida* de energía, justamente en el *choque* entre cargas y *átomos* del material. Esto último pareciera poner de manifiesto que se piensa que las cargas en movimiento no son parte de la estructura atómica del material.

...según señalamos al hablar de la resistencia eléctrica (...la dificultad en la circulación de las cargas se denomina resistencia eléctrica, pp.66), las cargas chocan contra los átomos del material. Cuando lo hacen, pierden energía, que se convertirá en calor: es lo que sucede en una estufa eléctrica..

Se identifica el siguiente argumento



Esquema 4.5: Argumento sobre la relación entre la corriente eléctrica y el fenómeno de calentamiento en una resistencia en el libro E9

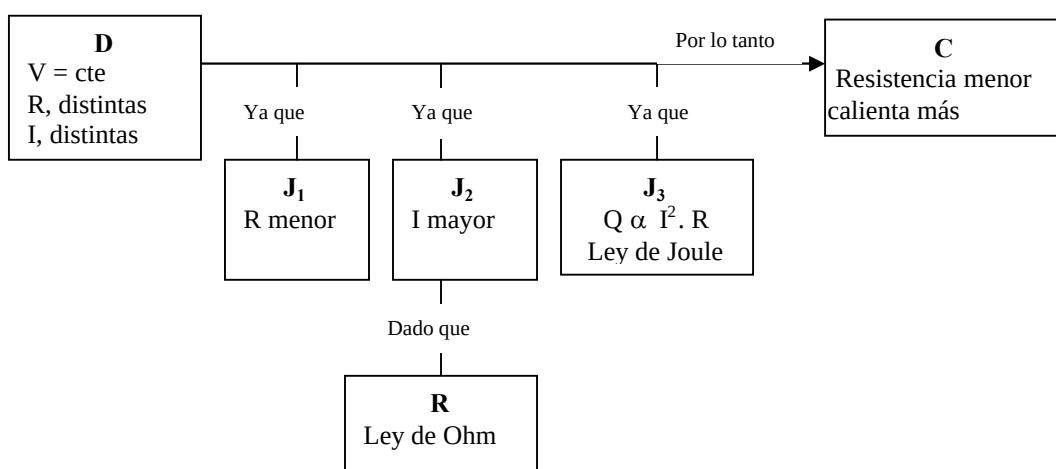
La ley de Joule se propone a través de un análisis cuantitativo en términos de I y R , que se corresponde con la formulación de potencia eléctrica como $P=I^2R$. Cabe notar que el texto hace explícito que la cantidad de calor (Q) aumenta con el cuadrado de la intensidad de corriente; como el análisis continúa siendo cuantitativo, no aparecen elementos que justifiquen por qué a mayor I , mayor Q .

...la cantidad de calor disipada por un conductor en una unidad de tiempo (un segundo, por ejemplo) es directamente proporcional al producto de la resistencia de ese conductor por el cuadrado de la corriente que circula... Si, en un conductor que con una determinada corriente disipa 10 unidades de calor por segundo, se aumenta la corriente al doble, disipará 40 unidades de calor por segundo...

Por otra parte, el texto plantea el caso de dos resistencias distintas que están conectadas a la misma diferencia de potencial, caso similar al problema planteado en esta investigación.

Las resistencias en paralelo...todas las cargas están sometidas al mismo voltaje. Como el voltaje es el mismo en estas resistencias (según ley de Ohm) la corriente que circula en cada una de ellas es diferente, y depende del valor de cada resistencia: con mayor resistencia, circulará menos corriente; con menor resistencia, circulará más corriente.

Vinculando este párrafo con el anterior, donde se trata la Ley de Joule, podría ser posible encontrar elementos que le permitirían al lector elaborar un argumento (Esquema 4.6) respecto a que en aquella estufa con menor resistencia, la intensidad de corriente será mayor por lo tanto el calentamiento sería mayor.



Esquema 4.6: Argumento basado en leyes de electricidad en el libro E9

Se ha visto que inicialmente este libro de texto elabora un argumento analógico, donde asocia la resistencia a *cargas que chocan* y a la *dificultad* de circulación de cargas, que conduciría a la Conclusión (C) alternativa: si una estufa tiene mayor resistencia calienta más (Esquema 4.5).

Luego, el mismo libro elabora un argumento respaldado en la Ley de Ohm, donde relaciona la resistencia con la intensidad de corriente, que conduciría a la Conclusión (C) que la resistencia de menor longitud calienta más (Esquema 4.6).

Conclusión coincidente con la del esquema referencial de la investigación, pero contraria a aquella del mismo libro, de la se hiciera mención en el párrafo anterior.

El análisis ha puesto de manifiesto este conflicto de coexistencia de argumentos que podrían conducir a conclusiones contrarias, cuestión que no se le advierte al lector y que tampoco resuelve el texto.

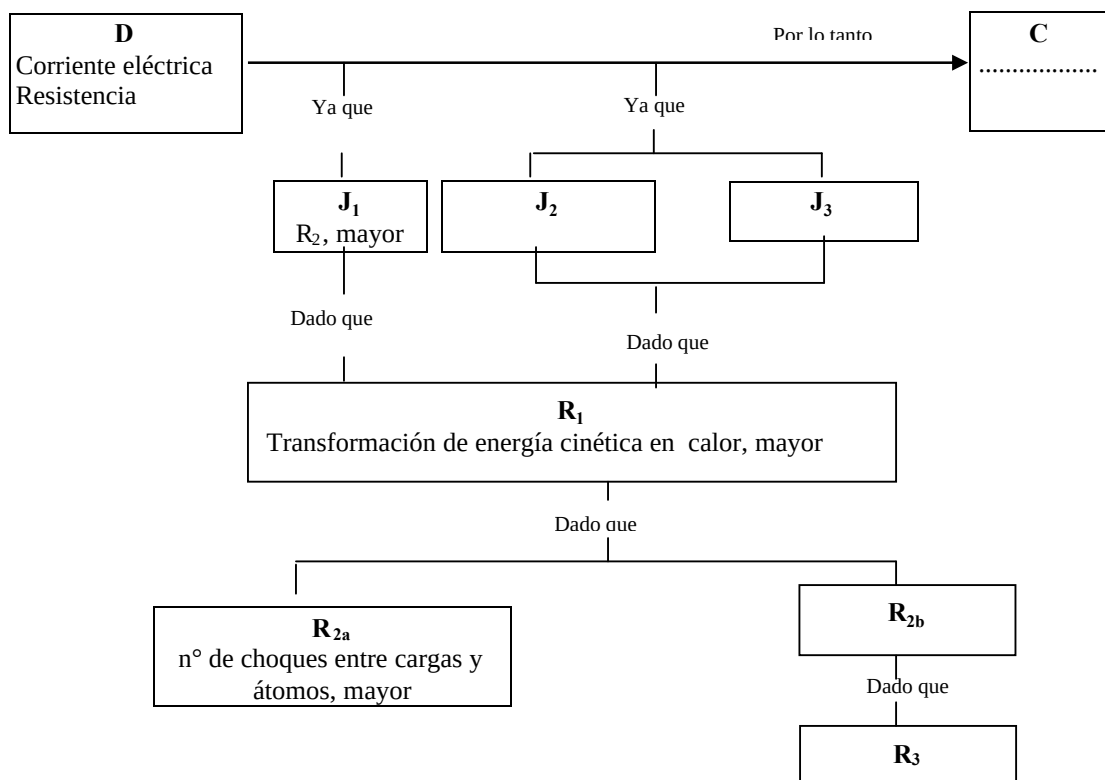
Por otra parte es importante hacer notar que en este texto aparece la referencia a la variación de la resistencia en función de sus dimensiones, y lo presenta recurriendo a la variación de la sección: *...cuanto más grueso es un cable, menor resistencia opone*. Además, se refuerza la idea respecto a que la formulación de la potencia, en relación con el fenómeno de transformación de energía eléctrica en una resistencia, se expresa como $P=I^2.R$.

La potencia transmitida es directamente proporcional al producto de la corriente por el voltaje - mientras que la disipación, de acuerdo con la ley de Joule- es proporcional al cuadrado de la corriente que circula.

El lenguaje verbal muestra que el estudio de la transformación de la energía en una resistencia se realiza en términos de I y R , no estableciendo relación explícita con la expresión en términos de V e I . En el párrafo anterior se observa cómo el enunciado *...la disipación es proporcional al cuadrado de la corriente...* aleja la expresión $P=V.I$ como recurso de cuantificación.

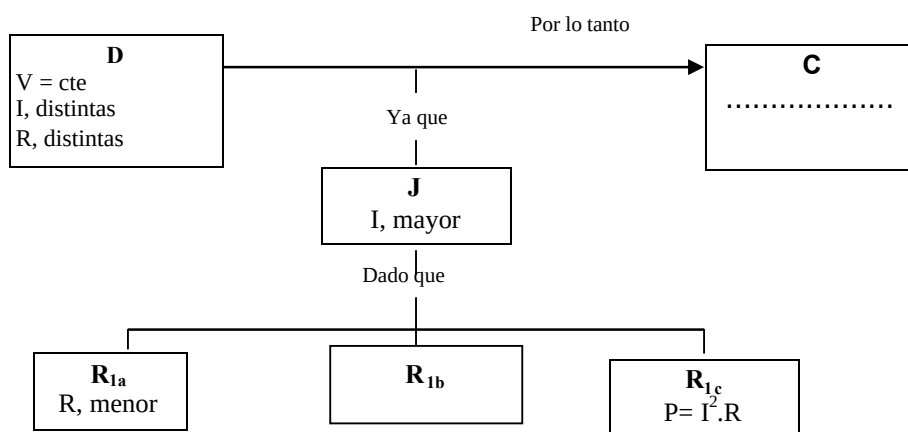
El análisis del discurso pone en evidencia que el libro de texto E9 utiliza en su argumentación algunos elementos del referencial basado en el modelo analógico, como así también algunos del basado en las leyes de electricidad. A continuación se presenta la comparación con los dos referenciales.

En primer lugar, se identifica qué conocimiento operativiza el libro E9 en relación con el argumento referencial basado en el modelo analógico (Esquema 4.7).



Esquema 4.7: Comparación entre el argumento referencial basado en el modelo analógico y la argumentación del libro E9

Continuando con la comparación con el referencial basado en las leyes de electricidad (Esquema 4.8).



Esquema 4.8: Comparación entre el argumento referencial basado en leyes de electricidad y la argumentación del libro E9

Si bien en los esquemas se evita explicitar conclusiones que el libro no hace, los esquemas argumentativos (Esquemas 4.7 y 4.8) parecerían conducir el razonamiento hacia conclusiones contrarias. Mientras que del argumento basado

en las leyes de la electricidad se podría concluir que la resistencia menor calienta más, el argumento basado en el modelo analógico conduciría a la conclusión alternativa de que la resistencia mayor es la que calienta más.

4.2.a.3. Episodios de la construcción argumentativa en el libro S8

El texto S8 realiza el tratamiento del fenómeno utilizando la *estufa* como *ejemplo* de la **transformación de la energía eléctrica en térmica** (pp.27 y pp.57), pero no avanza en la explicación del fenómeno mismo.

...la corriente eléctrica transporta una forma de energía: la energía eléctrica. Esta energía es transformada en otros tipos de energía por los aparatos que funcionan con la electricidad...Por ejemplo la estufa la transforma en energía térmica...(pp.57).

Desde el primer capítulo denominado *Energía y Calor* se sostiene que la *corriente eléctrica* posee un tipo de *energía* que los artefactos eléctricos necesitan para funcionar, asociando este funcionamiento a trabajo o actividad.

La estrategia didáctica de abordar el concepto de *trabajo* asociado a la idea de funcionamiento o actividad, parecería tener la intención de partir del conocimiento cotidiano, cuestión que quizás podría constituir un obstáculo para la construcción del concepto de trabajo desde el punto de vista físico.

El concepto de energía se asocia con una actividad o trabajo...Nuestra experiencia diaria nos enseña que la corriente eléctrica, al pasar por un circuito, puede poner en funcionamiento una licuadora o una estufa... En este ejemplo vemos que se produce un trabajo y que este trabajo es posible gracias a la energía que posee la corriente eléctrica (pp.25).

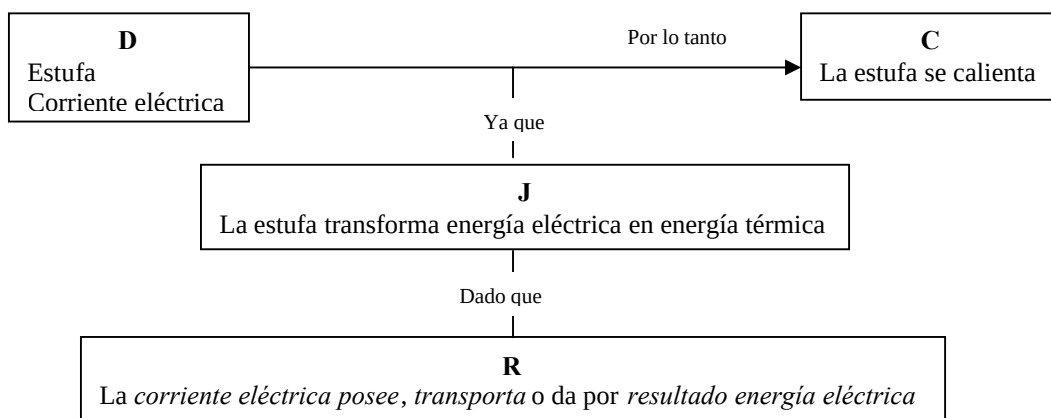
Nótese que el discurso sobre el fenómeno se construye haciendo referencia a artefactos y no a resistencias, corriente y no intensidad de corriente, energía y no diferencia de potencial, es decir que el tratamiento consiste solamente en presentar el fenómeno de transformación de la energía producida en un artefacto por el paso de corriente. El tratamiento parece quedar en un nivel descriptivo, ya que están ausentes las variables -resistencia, intensidad de corriente y diferencia de potencial- necesarias para utilizar las leyes de la electricidad.

En otras palabras, la asociación *energía – corriente eléctrica como portadora de energía– artefacto eléctrico* parece ser suficiente para explicar que el artefacto transforma la energía eléctrica en energía térmica.

Es interesante encontrar que para el tratamiento de un mismo fenómeno este libro de texto presenta diferentes asociaciones de la *energía eléctrica* con la *corriente eléctrica*: poseer, transportar o resultar.

La energía eléctrica que resulta del movimiento de las cargas eléctricas en un conductor, es una de las formas de energía más utilizadas y difundidas: puede ser transportada fácilmente mediante cables (pp.26).

Del análisis de la ejemplificación del fenómeno es posible identificar el siguiente argumento (Esquema 4.9).



Esquema 4.9: Argumento sobre el fenómeno de calentamiento en una estufa en el libro S8

Visto que se considera la corriente eléctrica como transportadora de energía, es interesante encontrar que el mismo libro de texto, en el apartado *Circuitos eléctricos* (pp.58) sostiene que el transporte de energía es *hasta el receptor*, expresión que podría relacionarse con el *modelo unipolar* de corriente eléctrica. (Pontes y De Pro, 2001).

Cuando se conectan mediante cables un generador y un receptor, las cargas eléctricas presentes en el interior de los átomos de los cables se encargan de realizar el transporte de energía desde la pila hasta el receptor (pp.58).

A su vez, los circuitos eléctricos se introducen a través de una analogía con el modelo hidráulico.

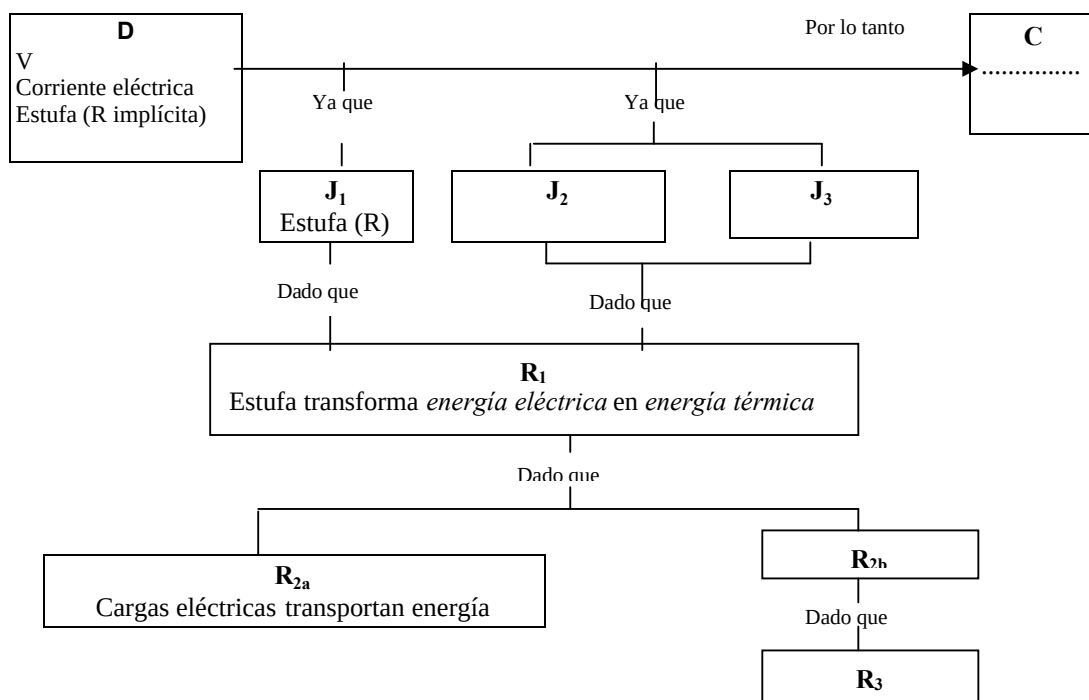
La pila se encarga de generar la corriente eléctrica, manteniendo en movimiento a los electrones de conducción que se encuentran a lo largo de todo el circuito, aplicando un voltaje, o tensión, entre los extremos del cable (piensen en la energía potencial diferente que presentan dos niveles de un tubo de un circuito hidráulico).

También se define la potencia eléctrica como medida de *consumo* eléctrico, indicando su unidad de medida. Se dan valores de potencia de artefactos de uso doméstico pero, en ningún caso, se brindan elementos que permitan justificar el fenómeno de transformación de la energía. Por el contrario, parecería reforzarse la idea alternativa de que la energía se consume.

Para medir el consumo eléctrico, se utiliza la potencia eléctrica... W indica la potencia del aparato eléctrico y expresa la medida de la energía por la unidad de tiempo. ...La unidad de potencia es el watt o vatio (W) ...Algunas medidas de potencia eléctrica son las siguientes: lamparita eléctrica, 100 w; cafetera eléctrica, 1500 W; secador de pelo, 800 W, generador de electricidad, 1000 KW. (pp.62)

Se ha puesto de manifiesto que el libro de texto S8 utiliza la estrategia de tomar el artefacto eléctrico como transformador de energía. Desde este modo no aparece mención a la resistencia eléctrica, ni como elemento de circuito, ni como magnitud, ni desde lo conceptual. Por lo tanto, al no existir posibilidad de variación de la resistencia, tampoco aparece variación de la intensidad de corriente. Mucho menos se hace mención a las leyes de la electricidad.

De estos resultados del análisis del discurso del libro, teniendo en cuenta la asociación del movimiento de cargas eléctricas con la energía eléctrica y su transformación, se decidió realizar la comparación con el argumento referencial basado en el modelo analógico (Esquema 4.10).



Esquema 4.10: Comparación entre el argumento referencial basado en el modelo analógico y la argumentación del libro S8

4.2.a.4. Episodios de construcción argumentativa del libro S9

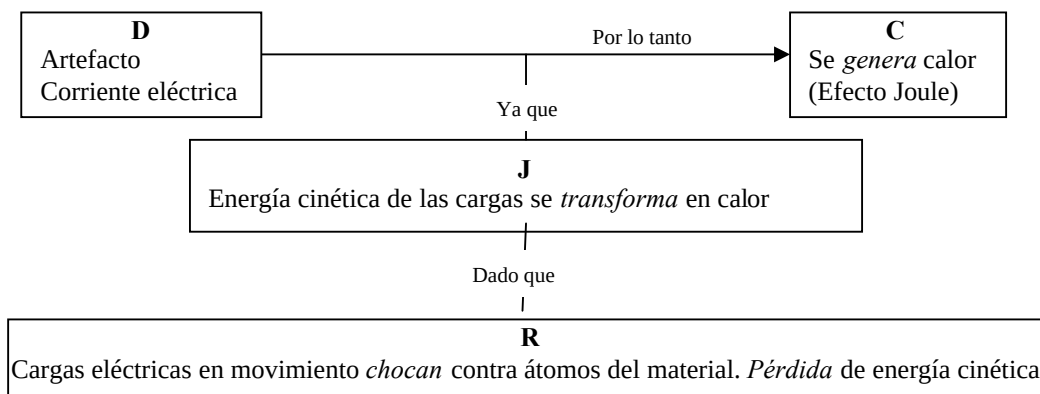
El libro de texto S9 aborda el fenómeno en estudio en un apartado denominado *Producción de luz y calor a partir de la electricidad* (pp.76), sosteniendo que en los *choques* entre cargas eléctricas y átomos del material, las cargas *pierden* energía cinética que se *transforma* en *calor*, concibiendo éste como una forma de energía, dado que resulta de la transformación de otra energía.

La asociación corriente eléctrica – calor aparece institucionalizada como Efecto Joule, tomando la estufa como ejemplo de artefacto eléctrico donde sucede el Efecto. Esta editorial, como lo hiciera en el libro S8, continúa relacionado el fenómeno con artefactos eléctricos que calientan, sin hacer mención explícita de la resistencia, la intensidad de corriente o de las leyes de la electricidad.

También se observa que en un mismo párrafo se habla sobre el fenómeno en términos de *pérdida*, *transformación* y *generación* de energía. Forma de hablar que parecería tener semejanza con discursos de la vida cotidiana pero que no se corresponde con un discurso académico fundado en el principio de la conservación de la energía.

Cuando las cargas eléctricas se mueven a través de un artefacto, van perdiendo energía cinética al chocar contra los átomos del material. Esta energía se transforma en calor...La capacidad de una corriente eléctrica de generar calor se conoce como efecto Joule. Efecto deseable por ejemplo en estufas y secadores de pelo (pp.76).

Es posible identificar el siguiente argumento (Esquema 4.11) sobre el fenómeno.



Esquema 4.11: Argumento sobre el Efecto Joule en el libro S9

Abordar el tratamiento del fenómeno afirmando que *las cargas van perdiendo energía cinética*, sin relacionar esta energía con la transformación de la energía potencial eléctrica, podría interpretarse como que subyace un *modelo de atenuación* de la corriente eléctrica ya que ocurriría un efecto de pérdida continua de velocidad de las cargas análogo a un *frenado* continuo.

Que las cargas chocan y que las cargas pierden energía cinética, se relacionan implícitamente con el concepto de resistencia eléctrica que se sostiene en el libro como *oposición* al pasaje de carga, significando la oposición como la producción de *choques* que *frenan* (pp.70) la corriente eléctrica. Es así que, aunque la resistencia no aparezca explícitamente en el tratamiento del fenómeno, la argumentación del efecto Joule se elabora sobre la idea de la existencia de circulación de corriente eléctrica por una resistencia.

...La resistencia se produce porque las cargas eléctricas que forman parte de la corriente, al moverse, van chocando con las partículas que constituyen el material (que se encuentran relativamente en reposo). Estos choques frenan, en cierta medida, el movimiento de las cargas.

Además, se encuentra en el texto un esquema con su epígrafe que refuerza la idea de resistencia como *choque* entre *cargas* y *átomos* del material.

...Las cargas chocan continuamente con los átomos que constituyen el material conductor.

Si los destinatarios de este libro de 9no. año de EGB, no contaran con conocimiento académico del concepto de *choque* es posible que, utilizando el conocimiento cotidiano, interpreten choques como choques por contacto entre las cargas, que parecen provenir del exterior del material, y los átomos que forman la estructura del material.

Luego, se encuentra que el Efecto Joule, inicialmente conceptualizado como la capacidad de la corriente eléctrica para *generar* calor, es cuantificado en relación con las dimensiones de la resistencia, ejemplificando esas dimensiones tal que la resistencia sea mayor.

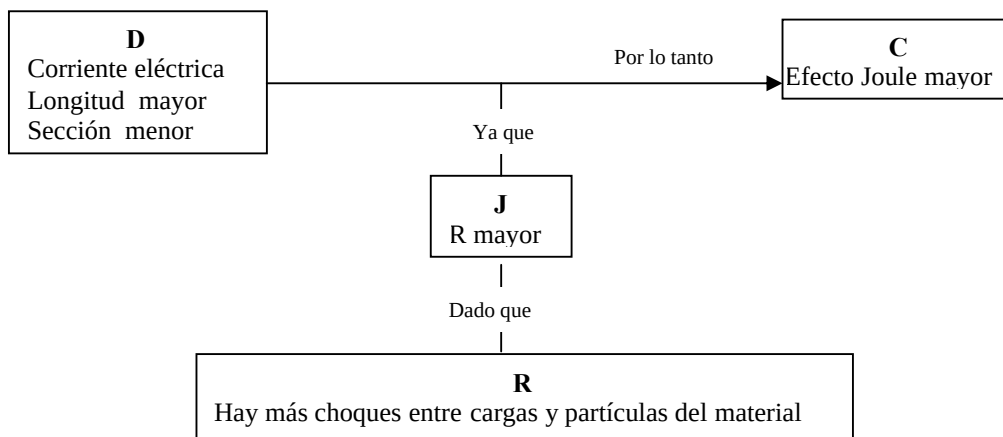
El efecto Joule depende de la forma geométrica que se le dé al conductor, por ejemplo el delgado filamento de una lámpara de luz y se aprovecha, por ejemplo, para conseguir que el delgado filamento de una lamparita emita luz...

Que se asocie el efecto Joule con un valor de sección menor, constituye un indicio de que se lo relaciona con una resistencia mayor, ya que en páginas anteriores el mismo texto (pp.70) presentara que el valor de la resistencia es

mayor si la sección es menor o si tiene mayor longitud. Vemos entonces que en forma verbal se presenta la relación de R en función de sus dimensiones.

La resistencia de un elemento al paso de la corriente eléctrica depende: del material de que está hecho....., de su forma: por ejemplo un cable delgado y largo ofrece mayor resistencia que un cable corto y grueso, de su temperatura: las partículas del material contra las que chocan la corriente vibran más agitadamente a mayor temperatura, y dificultan aún más el paso de las cargas eléctricas.

De lo anterior, se identifica el siguiente argumento (Esquema 4.12):



Esquema 4.12: Argumento sobre la relación entre la resistencia en función de sus dimensiones y el Efecto Joule en el libro S9

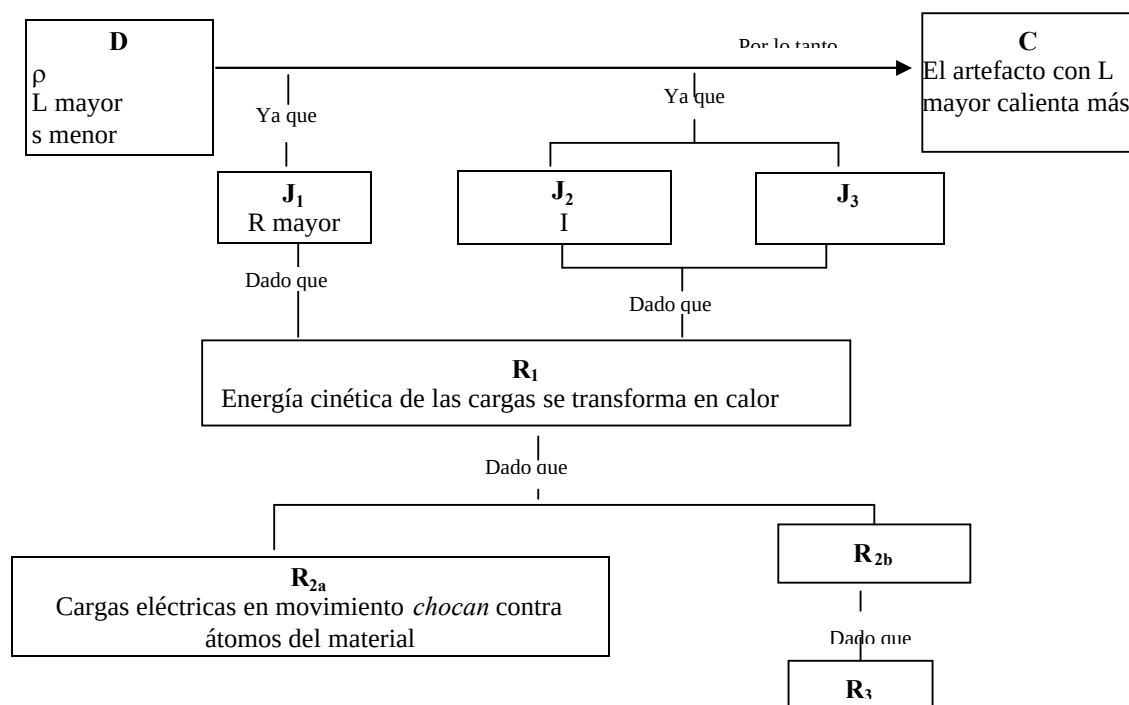
En el Esquema 4.12., queda en evidencia que se sostiene que el efecto de calentamiento de una resistencia por la que circula corriente eléctrica depende directamente del valor de la resistencia.

En este argumento se toma la longitud mayor como dato que permite cuantificar la resistencia en función de sus dimensiones. Que la resistencia sea mayor, aparece como justificación para considerar que el Efecto Joule es mayor. Se observa que la corriente eléctrica aparece como dato necesario para que se produzca el fenómeno pero no cumple en el argumento la función de una variable del circuito que justifique el mayor o menor calentamiento de la resistencia.

Resulta notable haber encontrado la aparición del modelo analógico como respaldo de la ley de la electricidad que relaciona la resistencia con sus dimensiones. Podría ser posible que esta estrategia enmascarase una argumentación donde el **Dato longitud mayor** cumpla también el papel de **Respaldo**: si la *longitud es mayor*, la resistencia es mayor; la resistencia es mayor dado que hay mayor número choques; hay mayor número de choques porque la

longitud es mayor. De existir este tipo de razonamiento, es posible que la conclusión elaborada se aleje de aquella académicamente esperada.

Seguidamente, presentamos la comparación entre el conocimiento utilizado en el libro S9 y el argumento referencial basado en el modelo analógico (Esquema 4.13).

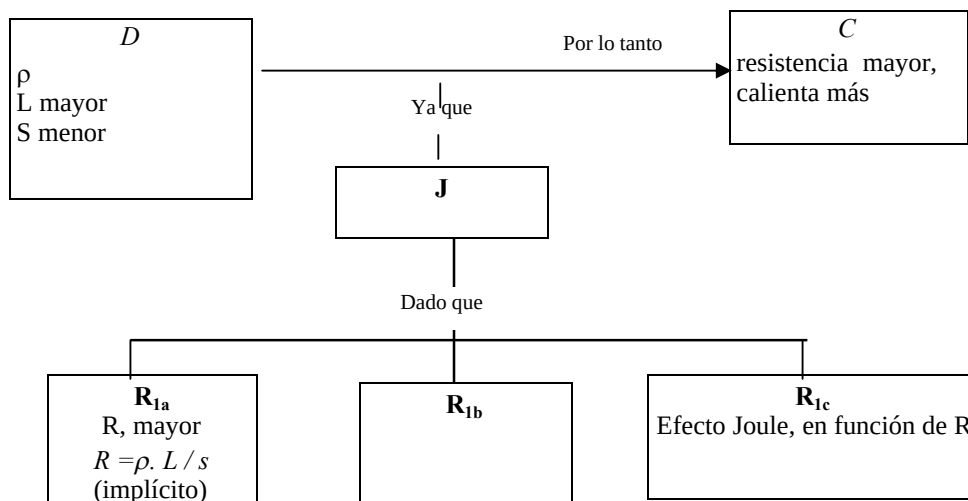


Esquema 4.13: Comparación entre el argumento referencial basado en el modelo analógico y la argumentación del libro S9

En el Esquema 4.13 queda en evidencia el sesgo de la argumentación que ocurre cuando en el discurso de este libro de texto la intensidad de corriente eléctrica no aparece como variable. De esa manera, la energía cinética de las cargas, que según el libro se transforma en calor, depende solamente del número de choques entre cargas eléctricas y átomos del material que a su vez son más cuanto mayor longitud tiene la resistencia.

El sesgo identificado deja de lado la posibilidad de considerar que la energía cinética transformada también depende de la velocidad de arrastre de las cargas eléctricas y que justamente esta velocidad es mayor cuando la longitud de la resistencia es menor.

Continuamos con la comparación de los conocimientos utilizados por el libro S9 y el argumento referencial basado en las leyes de la electricidad (Esquema 4.14).



Esquema 4.14: Comparación entre el argumento referencial basado en las leyes de electricidad y la argumentación del libro S9

De la comparación entre el argumento referencial basado en las leyes de electricidad y la argumentación del libro S9, se ha puesto de manifiesto (Esquema 4.14) el uso de la relación de la resistencia en función de sus dimensiones y la relación del efecto Joule en función de la resistencia.

Es relevante haber identificado la ausencia de la Ley de Ohm en el argumento del fenómeno, puesto que en consecuencia no aparece la relación entre resistencia e intensidad de corriente eléctrica en un circuito donde R cambia. Tampoco se utiliza la dependencia entre el efecto Joule y la intensidad de corriente eléctrica.

Considerando que las ausencias notadas en el párrafo anterior alejan la posibilidad de construir un argumento justificado de la variación de la intensidad de corriente, observamos que el libro construye un argumento justificado mediante el valor de R. Combinando lo anterior con el respaldo de que el efecto Joule depende de la resistencia, conduciría a la conclusión alternativa de que la resistencia de mayor longitud calienta más.

Queda en evidencia que aunque el argumento utilice las leyes de la electricidad académicamente correctas, la ausencia de una de ellas, en este caso

de la Ley de Ohm, condiciona y sesga la argumentación sobre el problema planteado en esta investigación.

4.2.a.5. Episodios de la construcción argumentativa del libro P9

Este libro de texto es citado por el profesorado que se forma o formó en la carrera de Profesorado de Física y Química de la Facultad de Ingeniería. El fenómeno investigado es tratado en el capítulo **Efectos y aplicaciones de la corriente eléctrica** (pp.223-239), donde bajo el subtítulo *El efecto Joule*, se afirma que *...la corriente eléctrica puede producir calor*.

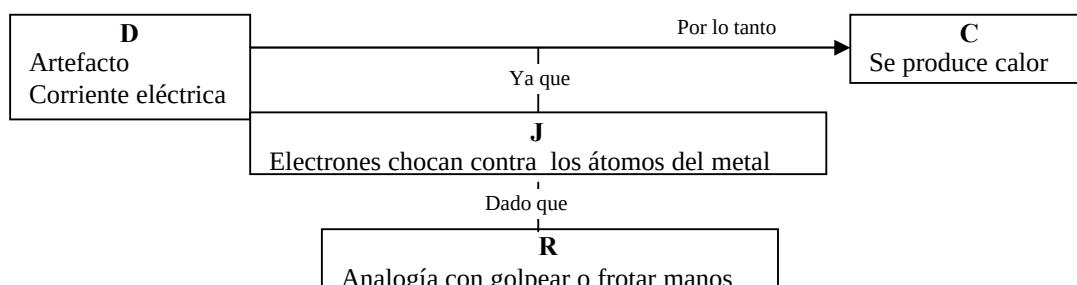
Es posible encontrar enunciados semejantes a los del libro S9, anteriormente analizado, por ejemplo que *los electrones chocan contra los átomos*, siendo válidas las consideraciones realizadas en ese momento respecto a que el lector podría interpretar que los electrones ingresan desde el exterior, no pertenecen a la estructura del material y chocan contra átomos de la estructura del material. Respaldado por una analogía mecánica aparece el término choque asociado a choque por contacto, sea golpe o frotamiento.

Las lámparas eléctricas...producen calor cuando circula corriente por su filamento...Eso se debe a que los electrones que forman la corriente eléctrica chocan contra los átomos del metal del filamento. Al igual que cuando golpeamos o frotamos nuestras manos entre sí, estos choques producen calor.

Es evidente que el argumento del efecto de calentamiento se basa en la relación *corriente eléctrica – choques - producción de calor*. También es de notar que la corriente eléctrica se introduce por analogía hidráulica.

De la misma forma que el agua en movimiento de un río se la llama corriente de agua, un movimiento de cargas eléctricas se denomina corriente eléctrica (pp.202)

Finalmente se institucionaliza el fenómeno bajo la denominación de efecto Joule: *La producción de calor por una corriente eléctrica se denomina efecto Joule*. El Esquema 4.15 representa el argumento del Efecto Joule que este libro elabora basándose en un modelo analógico.



Esquema 4.15: Argumento del Efecto Joule basado en analogía en el libro P9

Propone la plancha como ejemplo de artefacto donde se aplica el efecto Joule, poniendo de manifiesto la vinculación del fenómeno de calentamiento con la existencia de una resistencia eléctrica como elemento del circuito y se vincula a ella un alto calentamiento.

...la corriente eléctrica que llega a la plancha pasa por una resistencia que dificulta su avance y genera el intenso calor que es aprovechado para alisar la ropa.

Se observa que mientras en la expresión *pasa por una resistencia*, se hace referencia a la *resistencia* como elemento del circuito, inmediatamente se le asocia el concepto de dificultad u oposición al paso de la corriente eléctrica y, al momento de cuantificar, se toma la resistencia como *la medida de su capacidad de frenar a los electrones que forman una corriente eléctrica* (pp.207).

Los electrones de una corriente eléctrica, al avanzar dentro del conductor, chocan frecuentemente contra los átomos del metal. Como éstos permanecen fijos, los electrones se frenan, es decir que se produce una resistencia a su avance...La resistencia eléctrica de un conductor es la medida de su capacidad de frenar a los electrones que forman una corriente eléctrica.

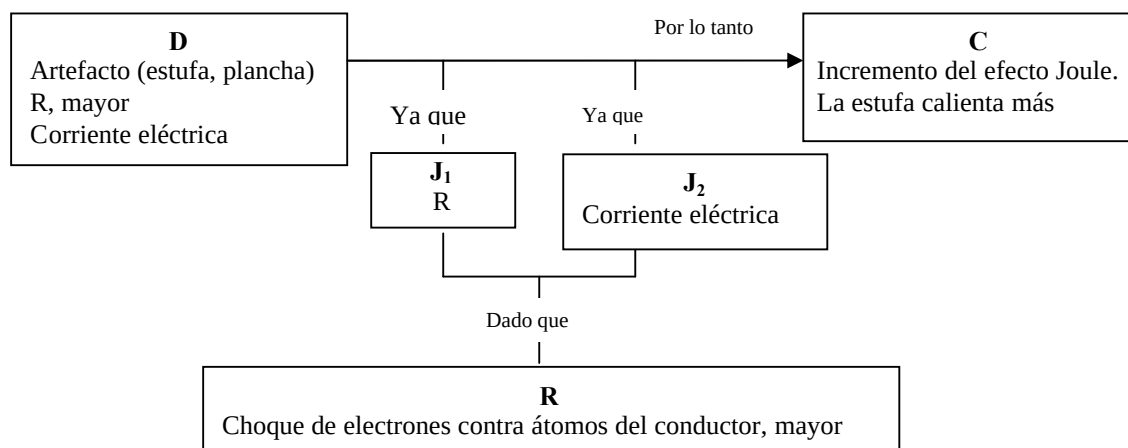
Resulta importante para esta investigación encontrar que este libro de texto explicita una relación directa entre el fenómeno de calentamiento en un artefacto eléctrico y la resistencia del artefacto, dado que se afirma que la producción de *calor se incrementa aumentando* por ejemplo, la *resistencia* de la estufa. De este modo se ha encontrado mención explícita sobre que a mayor resistencia, mayor calor.

Siempre que circula una corriente eléctrica por un conductor se produce calor...Se incrementa empleando resistores, como en la plancha, las estufas, las tostadoras (pp.224).

Se observa que la cuantificación del fenómeno, que se introdujo asociado a la corriente eléctrica, cuando aparece en el discurso la resistencia eléctrica se la utiliza como única variable para incrementar el calentamiento. Parecería que la variación de la resistencia no tendría relación con cambios en el valor de la intensidad de corriente.

Conceptuar la resistencia como una *capacidad de frenar electrones*, sumado a un concepto de corriente eléctrica análoga a corriente de agua, es posible que se respalde en un modelo de *atenuación* de la corriente eléctrica.

Se presenta el argumento (Esquema 4.16) representativo del discurso utilizado por el libro al relacionar la resistencia de una estufa eléctrica con el efecto Joule.



Esquema 4.16: Argumento que relaciona resistencia y efecto Joule en una estufa en el libro P9

El efecto Joule visto como *producción de calor* que se *incrementa con resistores*, instala la relación de dependencia entre un mayor calentamiento de la estufa en función de una resistencia mayor. Teniendo en cuenta que, previamente (pp. 208-209) y recurriendo a una analogía entre la resistencia eléctrica y el paso del aire al soplar por un sorbete de refrescos, se plantea la dependencia de la resistencia con sus dimensiones, resulta que una resistencia mayor depende de una longitud mayor o de una sección menor.

Dados dos conductores del mismo material y de igual sección, el más largo tiene mayor resistencia eléctrica...Dados dos conductores del mismo material y de igual longitud, el más grueso tiene menor resistencia eléctrica.

A través del análisis se ha puesto de manifiesto que si la cuantificación del Efecto Joule se la relaciona con el tratamiento previo que el mismo libro realiza sobre resistencia eléctrica, quedan planteadas las siguientes dependencias: incremento de producción de calor-resistencia mayor; resistencia mayor-longitud mayor.

Seguramente se podría considerar que la relación anterior es una construcción que la realiza el lector. No obstante el análisis también muestra que el propio libro de texto se basa en esas relaciones cuando, con la intención de mostrar la dependencia de la resistencia en función de sus dimensiones, presenta una situación donde argumenta sobre el calentamiento de un artefacto, en este caso una lámpara eléctrica (pp.209).

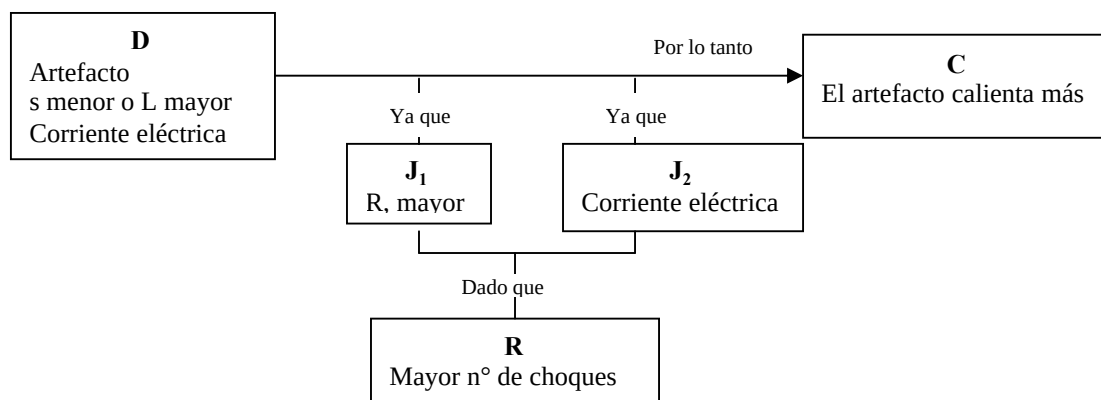
En dicha argumentación quedan explícitas las relaciones: sección menor-resistencia mayor; resistencia mayor-dificultad o choques mayor; choques mayor-

calentamiento mayor. Esta última se sostiene recurriendo a una analogía con el frotamiento de manos que luego se utiliza en el tratamiento del Efecto Joule.

Por qué las lamparitas emiten luz?...Observá el filamento...siendo muy delgado, este alambre tiene gran resistencia eléctrica, de modo que los electrones que circulan por él avanzan con gran dificultad chocando con los átomos del metal...Al igual que cuando durante una mañana fría nos frotamos las manos para calentarlas, debido a los choques de los electrones de la corriente, el metal del filamento de la lamparita se calienta intensamente emitiendo luz (pp. 209).

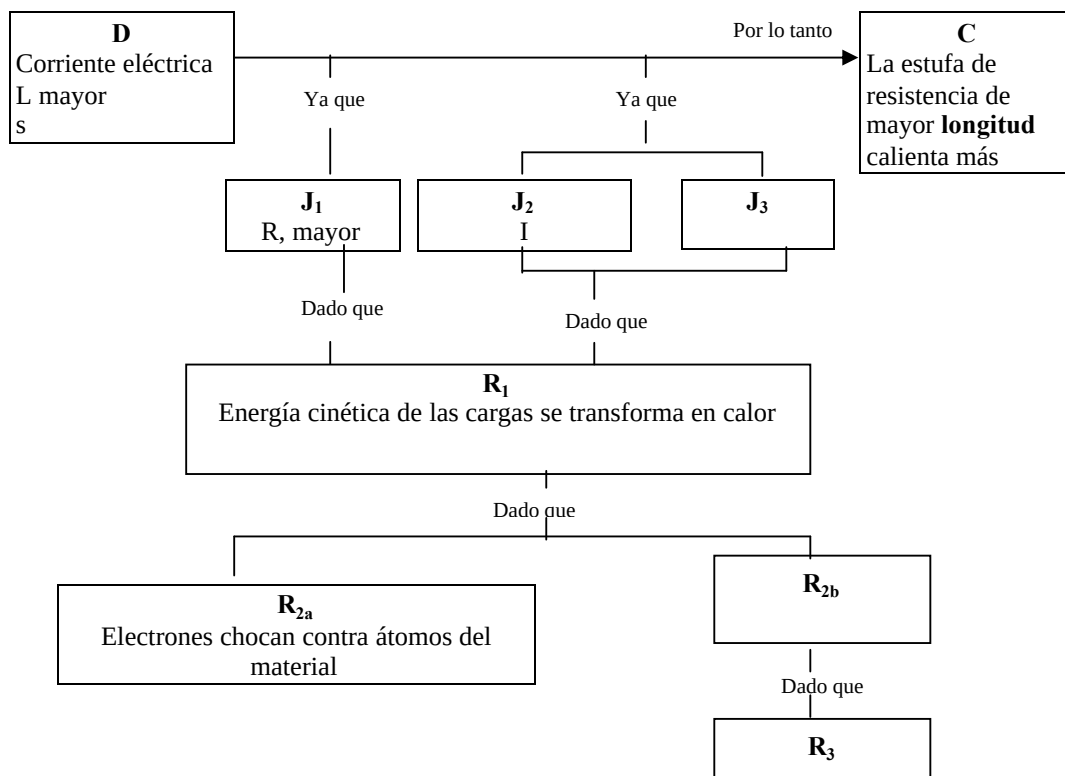
Se ha puesto en evidencia que la argumentación del efecto de calentamiento se introduce basado en la relación *corriente eléctrica – choques – producción de calor*, la cual podría constituir una oportunidad para cuantificar el calentamiento en función de la intensidad de corriente como variable independiente. Sin embargo, el tratamiento del fenómeno pone énfasis en los choques, relacionados éstos con la existencia de una resistencia mayor dependiente de sus dimensiones.

El análisis realizado permite identificar el siguiente argumento (Esquema 4.17) donde aparece la relación entre la resistencia en función de sus dimensiones y el efecto de calentamiento de la misma.



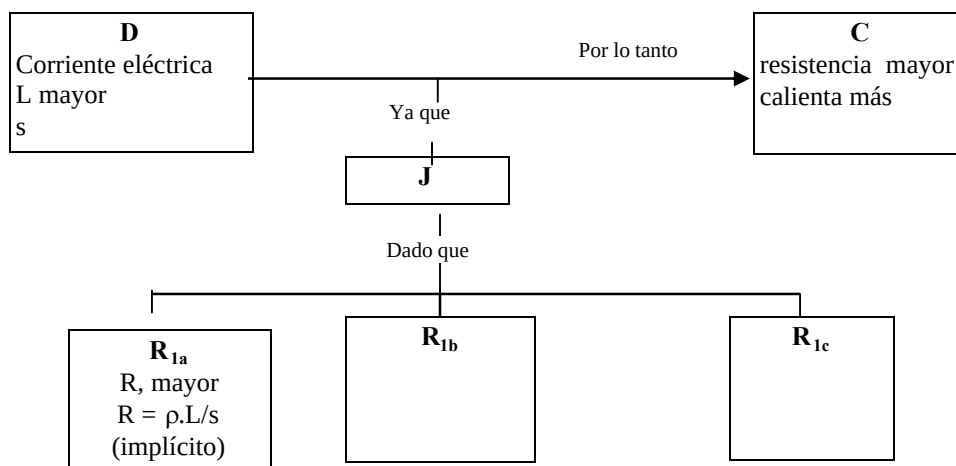
Esquema 3.17: Argumento que relaciona la resistencia, sus dimensiones y el efecto Joule en el libro P9

Del análisis del discurso surge que el argumento utiliza algunos elementos del referencial basado en el modelo analógico, como así también algunos del basado en las leyes de electricidad, motivo por el cual se presentará la comparación con los dos referenciales. Primeramente, se identifica qué conocimiento opera el libro P9 en relación con el argumento referencial basado en el modelo analógico (Esquema 4.18).



Esquema 4.18: Comparación entre el argumento referencial basado en el modelo analógico y la argumentación del libro P9

A continuación se presenta la comparación entre la argumentación del texto con el referencial basado en las leyes de electricidad (Esquema 4.19).



Esquema 4.19: Comparación entre el argumento referencial basado en las leyes de electricidad y la argumentación del texto P9

4.2.a.6. Conclusiones de la construcción argumentativa de textos de ESB

El uso del patrón argumentativo de Toulmin como herramienta de análisis de los *episodios* de construcción de los argumentos que realizan los libros de textos de ESB, de la muestra investigada, aporta elementos que permiten poner en evidencia el *perfil argumentativo* de los mismos.

Se evidencia la recurrencia a analogías, tanto para elaborar estrategias argumentativas sobre el fenómeno como para realizar el tratamiento de elementos de conocimientos básicos implicados en el fenómeno, tales como diferencia de potencial, corriente eléctrica y resistencia, entre otros. Prácticamente la totalidad hace referencia a *choques* entre partículas, poniéndose de manifiesto la utilización del modelo analógico cinético-molecular en la argumentación sobre el fenómeno. Este modelo analógico se articula con otros (hidráulico, mecánico) y con ejemplos de la vida cotidiana, utilizados en el desarrollo de conceptos claves para la explicación del fenómeno. Es posible entonces contrastar los elementos (Datos, Justificación, Respaldo) del perfil argumentativo de los libros de texto de ESB, con el referencial basado en el modelo analógico (Tabla 4.25).

Referencial		Libros de Texto ESB				
		E8	E9	S8	S9	P9
DATOS						
V = constante				analogía hidráulica		
Sección (s) = constante		s, menor			s, menor	s, menor
Resistividad (ρ) = constante						
Longitud (L), mayor					L, mayor	L, mayor
JUSTIFICACION						
R, mayor		R, mayor	R, mayor		R, mayor	R, mayor
I, mayor (corriente eléctrica)		atenuación mayor		transportadora de energía eléctrica	atenuación mayor	atenuación mayor
Velocidad de arrastre, mayor		Frenado (analogía mecánica)			Frenado (analogía mecánica)	Frenado (analogía mecánica)
RESPALDO						
Intercambio de energía cinética en calor	Depende del n° de interacciones	Perdida al detenerse por causa de R	Perdida en choques cargas-átomos		Perdida en choques cargas-átomos	Perdida en choques cargas-átomos (analogía golpear o frotar)
	Depende de la Ec. De los electrones					
n° interacciones $\propto$ n° átomos		n° de choques es mayor	n° de choques es mayor		n° de choques es mayor	n° de choques es mayor
n° átomos $\propto$ L					n° de choques es mayor	n° de choques es mayor
Ec de los electrones $\propto$ $1/L^2$	Velocidad de arrastre $\propto$ I					
	$I \propto 1/L$					

Tabla 4.25: Perfil argumentativo de los libros de texto, basado en modelo analógico, textos ESB

Del contraste realizado en la Tabla 4.25 surge que la totalidad de los libros de la muestra investigada recurren a modelos analógicos, sea al argumentar sobre el fenómeno de calentamiento en una resistencia eléctrica o bien al tratar algún conocimiento básico para la construcción conceptual del fenómeno. Se identifica que sobre un total de cinco libros, cuatro utilizan el modelo cinético-molecular para argumentar sobre la transformación de energía eléctrica en energía térmica.

Este modelo cinético-molecular se utiliza como parte de un argumento construido desde un supuesto de una *resistencia mayor* relacionada con sus dimensiones geométricas, sección menor y/o longitud mayor. Esta *resistencia mayor* se relaciona con mayor *frenado* de las cargas en movimiento producido por el *choque entre las cargas o electrones con los átomos* del material de la resistencia. Esta forma de *hablar* podría conducir a interpretar que la intensidad de corriente disminuye luego de pasar por la resistencia. En otras palabras, asociar el fenómeno a un modelo de atenuación de la corriente eléctrica.

Nótese que los estudiantes de 8vo. y 9no. año de EGB, equivalente a 2do. y 3er. año de la nueva ESB, deberían realizar un esfuerzo interpretativo nada fácil, especialmente si no cuenta con elementos de las leyes de la electricidad que le permitan conceptualizar la resistencia como una constante del circuito. Además, se supone que el alumnado es consciente de que el cambio de R significa cambio de circuito, con implicaciones de cambio de intensidad de corriente y cambio de energía cinética de las cargas eléctricas.

Resulta relevante encontrar que la totalidad de los textos de ESB de la muestra investigada, presentan el fenómeno de intercambio de energía cinética de las cargas en energía térmica como *pérdida* de energía debida a *choques* entre cargas y átomos en la resistencia. Esta *pérdida* de energía se concibe como una acción de *frenado* y se recurre a analogías mecánicas de choques o golpes, roces o frotado. De modo tal que el fenómeno de transformación energética queda planteado en términos de un proceso de disipación de energía.

Se evidencia que se construye el argumento recurriendo a la idea alternativa de proporcionalidad *a más, más*. Así aparece una concatenación de relaciones directamente proporcionales que relacionan mayor disipación de

energía con mayor número de interacciones o choques, estos con mayor número de átomos del material en dependencia de una mayor longitud de la resistencia. Resulta entonces establecida la relación directamente proporcional entre disipación de energía y longitud de la resistencia, correcta para el caso de I constante pero no adecuada para el caso de un circuito en el que varíe la I .

Se evidencia que los diferentes *episodios* del texto construyen una argumentación sobre el fenómeno de transformación de la energía eléctrica en una resistencia, sobre la base del modelo analógico cinético-molecular y semicuantifican el intercambio de energía en relación con una resistencia mayor. Esta semicuantificación aleja el tratamiento del fenómeno en relación con el valor de la corriente eléctrica, en definitiva en términos de I .

La energía cinética asociada al movimiento de las cargas eléctricas sin hacer mención a la velocidad de arrastre, deja sin curso la posibilidad de cuantificar o semi-cuantificar la energía cinética que se transforma en las interacciones.

La ausencia de utilizar la variación del valor de la intensidad de corriente eléctrica, y la correspondiente variación de la velocidad de arrastre, como dependiente del cambio del valor de la resistencia lleva a zonas de razonamientos contruídos sobre el número de interacciones o choques que, como se ha visto, se lo semicuantifica como dependiente de la longitud de la resistencia. Esto podría implicar que el lector tenga un razonamiento sesgado al resolver un problema semejante al que se utiliza en esta investigación.

Se pone de manifiesto que el modelo analógico cumple un papel explicativo que no avanza sobre la cuestión de variación de la velocidad de arrastre, ya que subyace el supuesto de intensidad de corriente (I) constante. Así se corta la posibilidad de encontrar, recurriendo a las leyes de electricidad, que el efecto de la corriente eléctrica es inversamente proporcional a la longitud de la resistencia, en el caso de que ésta varíe.

Se ha visto que el fenómeno se introduce en 8vo. año de EGB utilizando el modelo analógico cinético-molecular y se continúa en 9no. año. También se ha visto que, para resolver situaciones como las planteadas en el problema auténtico, el modelo tiene limitaciones que se resuelven recurriendo a las leyes de

la electricidad cuyo tratamiento aparece en los libros de texto de 9no. año de EGB.

Es posible entonces contrastar los elementos (Datos, Justificación, Respaldo) del perfil argumentativo de los libros de texto de la muestra investigada, con el referencial basado en las leyes de electricidad (Tabla 4.26). Recordemos que la resolución del problema auténtico requiere del reconocimiento de V, L y la naturaleza del conductor como datos, y como respaldo la ley de Ohm ($I = V/R$), la resistencia en función de sus dimensiones ($R = \rho \cdot L/s$) y la potencia eléctrica ($P = V \cdot I$).

Referencial	Libros de Texto ESB				
	E8	E9	S8	S9	P9
DATOS					
V = constante		V=constante		V=constante	
Sección (s) = constante		s, mayor		s, menor	s, menor
Resistividad (ρ) = constante					
Longitud (L), mayor				L, mayor	L, mayor
JUSTIFICACION					
I mayor (valor de corriente eléctrica)		I mayor		Mayor atenuación	Mayor atenuación
RESPALDO					
$R = \rho \cdot L / s$		$R = f(s)$		$R = f(s, L)$, verbal	$R = f(s, L)$, verbal
$V = I \cdot R$		$I = f(R)$ Verbal			
P=	V.I	Verbal			
	$I^2 \cdot R$	Verbal			
	V^2 / R				

Tabla 4.26: Perfil argumentativo basado en las leyes de electricidad, en textos ESB

El contraste realizado en la Tabla 4.26 pone de manifiesto que el libro de texto E9 es el único donde se encuentran, en la argumentación del fenómeno, todas las leyes expresadas en el referencial que recordáramos en el párrafo anterior, mientras que los textos S9 y P9 solamente utilizan la expresión de la resistencia en relación con sus dimensiones.

En el libro de texto E9 se encuentra la diferencia de potencial (V) como dato. A pesar de ello, V no está presente en las formas de expresar las leyes de la electricidad que constituyen el respaldo del argumento. El argumento se construye a través de una dimensión variable de R, en este caso la sección. Luego, con R menor se establece, mediante relación verbal basada en la Ley de Ohm, que I es mayor.

A pesar de que se explicita la formulación $P=V.I$, la cual presenta la ventaja de plantear una sola variable dado que V es constante, continúa razonando verbalmente en términos de las dos variables $R-I$ y determina la potencia con la fórmula $P=I^2.R$.

Se observa que al utilizar $I^2.R$, resuelve la cuestión de la existencia de dos variables relacionadas inversamente, centrando el razonamiento en la variación de una sola de ellas: en este caso si I es mayor, la potencia es mayor.

Si bien el texto evita hacer mención a la relación $I-R$, se puede afirmar que el texto E9 presenta elementos suficientes que permitirían razonar sobre el problema de investigación y llegar a la Conclusión (C) de que la resistencia menor calienta más.

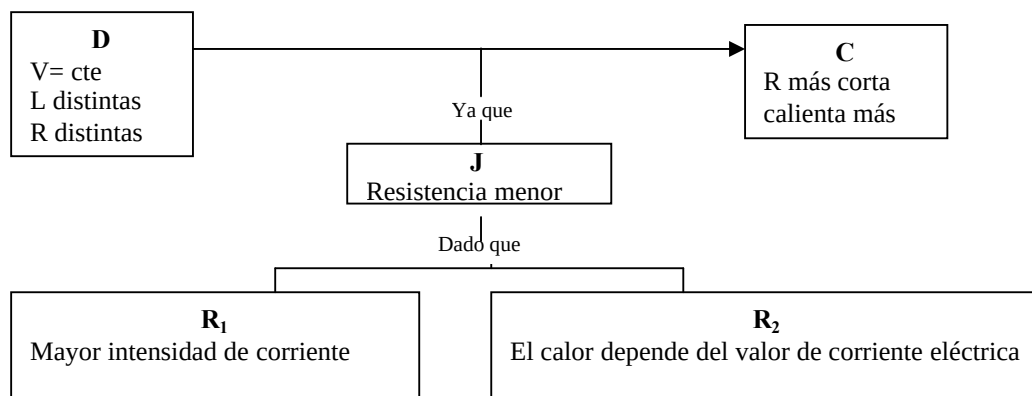
En definitiva este libro (E9) justifica el fenómeno en una mayor I y la respalda con relaciones entre la resistencia y sus dimensiones, la ley de Ohm y la potencia eléctrica. Como ya se ha dicho, la estrategia argumentativa del libro E9 brinda elementos que permitirían elaborar la Conclusión (C) en caso de presentar al lector el problema auténtico.

En los casos de los libros S9 y P9 se parten de datos de las dimensiones de la resistencia, tal que a mayor longitud la resistencia es mayor. En relación con esta resistencia mayor se asocia, desde una concepción alternativa, una mayor atenuación de la corriente eléctrica al pasar por la resistencia, y como consecuencia mayor calentamiento.

El establecimiento de la concatenación proporcional entre mayor longitud - mayor resistencia - mayor calentamiento, sumado a la no operativización de la ley de Ohm, parecería conducir a un razonamiento sesgado. Este tipo de razonamiento no permite percibir que mayor resistencia implica menor intensidad de corriente eléctrica en todo el circuito, por lo tanto el efecto es de menor calentamiento.

A pesar de que las argumentaciones analizadas mayoritariamente tienden a conducir a conclusiones alternativas, realizadas las contrastaciones con el referencial basado en el modelo analógico y el basado en las leyes de electricidad se considera que con los elementos del libro podría ser posible analizar el problema auténtico. Consideramos que si solamente se conocen las relaciones de

proporcionalidad entre V-I-R es posible establecer un referencial adaptado a la nueva ESB, equivalente a EGB3, (Esquema 4.20), en términos semi-cuantitativos.



Esquema 4.20: Referencial adaptado para ESB

Este esquema referencial adaptado para ESB (Esquema 4.20), permite elaborar una conclusión académicamente aceptable a partir de algunos conocimientos que, como se ha puesto de manifiesto, son utilizados frecuentemente por los libros de texto de la muestra investigada. En este caso se hace referencia a la relación inversamente proporcional entre resistencia e intensidad de corriente y la conceptualización del efecto Joule como un fenómeno producido por la circulación de corriente eléctrica.

4.2.b. Textos de Educación Secundaria Polimodal (ESP)

Texto de edición anterior

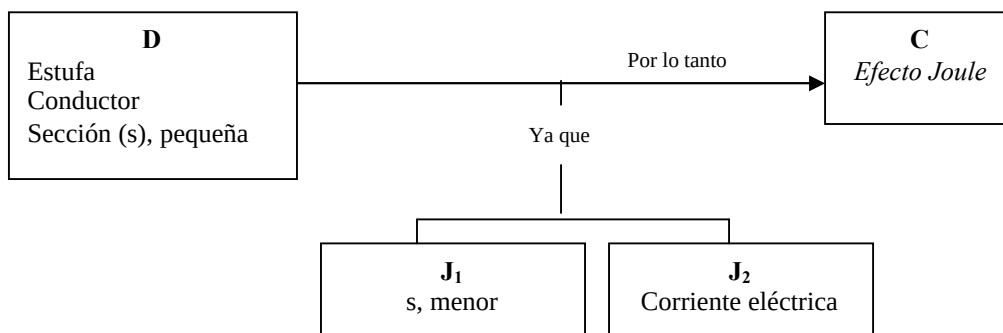
4.2.b.1 Episodios de la construcción argumentativa del libro AS

Durante las últimas décadas del siglo XX, anteriores a la reforma, cuando la mayoría del profesorado actualmente en ejercicio, de la muestra investigada, cursaba el ex nivel secundario y sus estudios de formación inicial, ediciones de este libro de texto fueron fuente de consulta frecuente.

El texto AS presenta a la estufa eléctrica como artefacto representativo de la ocurrencia del *Efecto térmico o Efecto Joule* producido por la circulación de corriente eléctrica en un conductor de *pequeña sección* (Esquema 4.21).

Constituye ésta una forma de sentar la base sobre que el calentamiento depende de una resistencia mayor.

*...un conductor es un hilo metálico de **pequeña sección**...por el cual circula corriente eléctrica...el conductor se calienta...: por ejemplo, la plancha y la **estufa eléctrica** (pp.203).*



Esquema 4.21: Efecto Joule en estufa eléctrica del libro AS

Posteriormente retoma la justificación del *Efecto Joule* por causa de la circulación de corriente eléctrica, pero aparece un salto discursivo hacia el concepto de resistencia, como *oposición* y *choques*, que justifica el efecto de calentamiento.

*...la corriente eléctrica es el movimiento de electrones libres; en consecuencia, la **resistencia** de un conductor es la **oposición** que ofrece al paso de esos electrones a través de las moléculas o los átomos del conductor. Al hacerlo, **chocan** con otros y **se origina calor** (efecto térmico) (pp.216).*

Establece la relación entre un mayor número de choques y la menor *velocidad de desplazamiento* de los electrones, lo que podría llevar a suponer menor intensidad de corriente o su atenuación. Justamente constituye éste un razonamiento contrario a sostener que mayor intensidad de corriente implica mayor velocidad de arrastre, siendo probable un mayor número de interacciones.

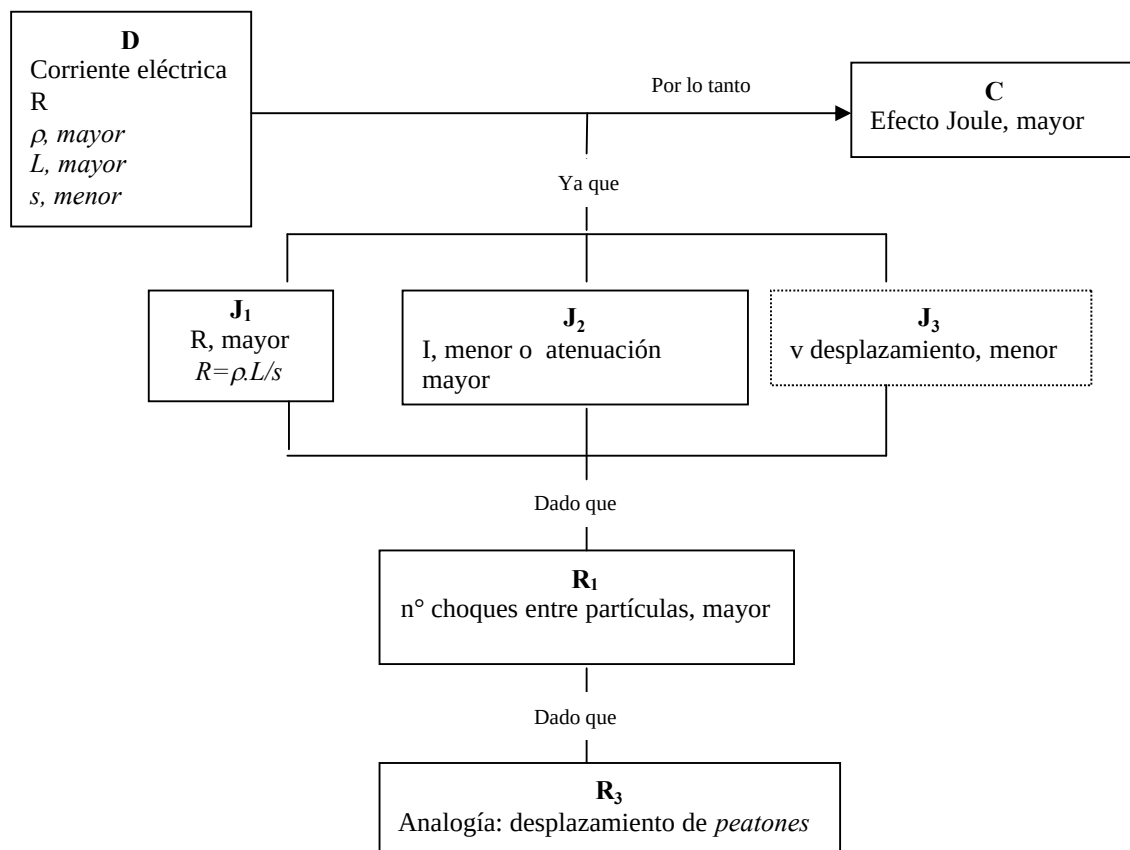
...Cuando mayor sea el número de choques, menor será la velocidad de desplazamiento...

Finalmente, recurre a una analogía entre el *desplazamiento* de los electrones y el de *peatones y obstáculos* en una calle transitada. Esta analogía proveniente de la vida cotidiana, acentúa la asociación entre fenómenos de la electricidad con fenómenos mecánicos.

*...Supongamos que vamos caminando por una **calle muy transitada**. Para avanzar debemos sortear a los peatones y **obstáculos** que se hallan en nuestro camino. Cuánto mayores sean los obstáculos, **mayor** será la dificultad o **resistencia** que se nos ofrece para nuestro desplazamiento. Esto es análogo a lo que ocurre con el desplazamiento de los electrones.*

El tratamiento del Efecto Joule se realiza a través del modelo analógico cinético molecular, respaldado por otra analogía tomada de la vida cotidiana. Se nota la ampliación de argumentos con la mediación de analogías respaldadas desde el contexto experiencial no académico, de este modo se construye la relación del Efecto Joule con una mayor resistencia, lo que se muestra en el Esquema 4.22.

Respaldado en las analogías, deduce *que la resistencia de un conductor es directamente proporcional a su longitud y a su resistividad, e inversamente proporcional a su sección* (pp.218). Formula la expresión $R=\rho.L/s$ que, más adelante, veremos utiliza como respaldo argumentativo de la producción del fenómeno de calentamiento en aplicaciones tecnológicas. Este episodio es fundamental porque pone de manifiesto la formulación de leyes de la electricidad, sin ruptura con el modelo analógico.



Esquema 4.22: Argumento analógico del Efecto Joule, en el libro AS

Analizada la introducción del *Efecto Joule* en el apartado de *corriente eléctrica*. Avanzamos en el análisis de episodios donde se aborda el fenómeno desde el punto de vista energético, bajo el significativo título *ENERGIA DE LA CORRIENTE ELECTRICA*.

Al definir analógicamente la corriente eléctrica como fluido, se desprende, de manera poco clara, la causalidad de ocurrencia de un intercambio energético que tendría como consecuencia la adquisición de energía cinética por parte de los electrones.

*...corriente eléctrica es un **flujo** de electrones libres que, por ello, adquieren determinada energía cinética*

Se considera poco clara, dada la dificultad de interpretar la expresión...*por ello...*¿Acaso por su condición de fluir adquieren las partículas energía?. ¿O es un recurso que evita hacer referencia a la transformación de energía potencial eléctrica?. ¿Acaso es una estrategia para evitar la operatividad conceptual de V, desde su papel vinculado con lo energético?...

Advertimos la presencia del modelo cinético-molecular en la asociación energía cinética, movimiento y choque entre partículas. Interpretamos que se toman los *choques* como representativos del proceso de transformación de energía, denominándolo *trabajo*. Además, visto el título del apartado, queda de manifiesto que la energía transformada se la adjudica a la *energía de la corriente eléctrica...*

.... Durante ese movimiento se producen choques...La energía originada por ese movimiento indica el trabajo que es capaz de producir la corriente eléctrica. (pp. 231).

O acaso debería interpretarse que la *energía originada* (calor) indica la capacidad de realizar *trabajo* que tiene la energía de la corriente eléctrica. En este caso cabría notar la convivencia conceptual de calor como energía y trabajo.

Parecería que el modelo analógico no se utiliza para significar académicamente el concepto de *trabajo*. Más cuando en el episodio siguiente, implícitamente trae al discurso la relación *diferencia de potencial* entre dos puntos de un *campo eléctrico* y el *trabajo realizado por fuerzas eléctricas* para transportar la unidad de carga entre esos dos puntos: $V_a - V_b = W/q$ (pp.192).

El trabajo o energía originada por una corriente eléctrica es igual al producto del potencial por la intensidad de la corriente y por el tiempo transcurrido, $W = V \cdot I \cdot t$...Por equivalencia entre julio y calorías, $Q = 0,24 V \cdot I \cdot t$

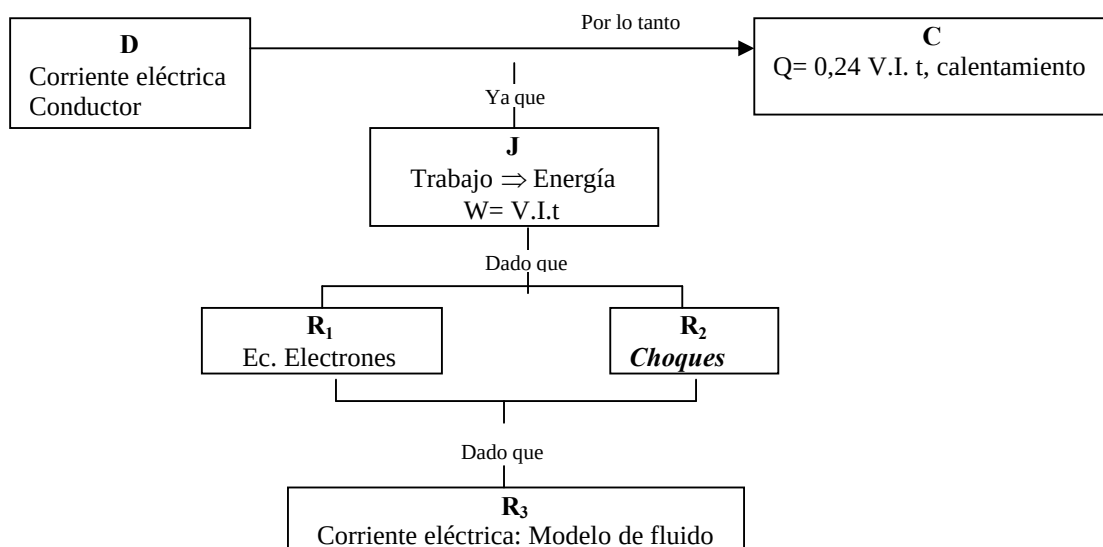
Parece difícil compatibilizar las expresiones *...trabajo producido por corriente eléctrica*, *...trabajo realizado por fuerzas eléctricas*, más aún teniendo conocimiento previo proveniente del campo de la mecánica, respecto que *...un mecanismo realiza un trabajo mecánico si vence una resistencia a través de cierta distancia...*(pp.24).

Notamos que la omisión de hacer referencia a la diferencia de potencial, aleja el camino de razonamiento construido sobre conceptos sustantivos tales como campo eléctrico, fuerza eléctrica, trabajo eléctrico, energía potencial eléctrica y su transformación.

Sin embargo, el texto resuelve estas omisiones mediante la transformación del discurso de lo verbal a lo simbólico, quedando para el lector construir la comprensión conceptual del fenómeno. Para ello debería reconstruir partes de discurso que se encuentran en distintos capítulos del texto, tarea que sin duda sólo un lector muy interesado por la cuestión podría internarse en ese esfuerzo. No estando asegurado su éxito.

En el paso al discurso académico se activa la referencia a la diferencia de potencial e intensidad de corriente como elementos partícipes del concepto de trabajo eléctrico. Luego, desde una clara conceptualización del calor como energía, indica la equivalencia entre trabajo eléctrico (W) y cantidad de calor (Q).

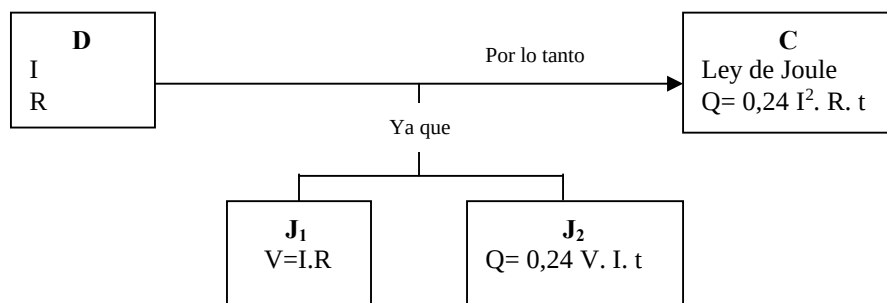
El análisis pone de manifiesto el enlace de lo analógico con las leyes de la electricidad (Esquema 4.23), validando una continuidad argumental y conceptual que desde la enseñanza de las ciencias valdría la pena cuestionar.



Esquema 4.23: Argumento analógico – leyes de electricidad del Efecto Térmico, en el libro AS

Si bien recientemente vimos que el fenómeno de calentamiento se plantea como energía *originada* por la corriente eléctrica, expresándola como cantidad de calor (Q), a continuación se significa Q como *disipación* de energía. Desde este último punto de vista del intercambio energético, se recurre a la Ley de Ohm como mediadora para la aparición de R en la formulación de Q , institucionalizando la Ley de Joule con las siguientes expresiones, $Q=0,24.V^2.t/R$ y $Q=0,24.I^2.R.t$. Justamente esta última es la elegida por el texto para enunciar dicha ley.

...La cantidad de calor producida por el paso de una corriente por un conductor es directamente proporcional al cuadrado de la intensidad de la corriente, la resistencia del conductor y al tiempo que dura el pasaje (pp.232).



Esquema 4.24: Institucionalización de Ley de Joule, a partir de las leyes de la electricidad, en el libro AS

Establecida la Ley de Joule, define potencia eléctrica como el *trabajo* realizado en la unidad de tiempo, expresándola en función de V e I .

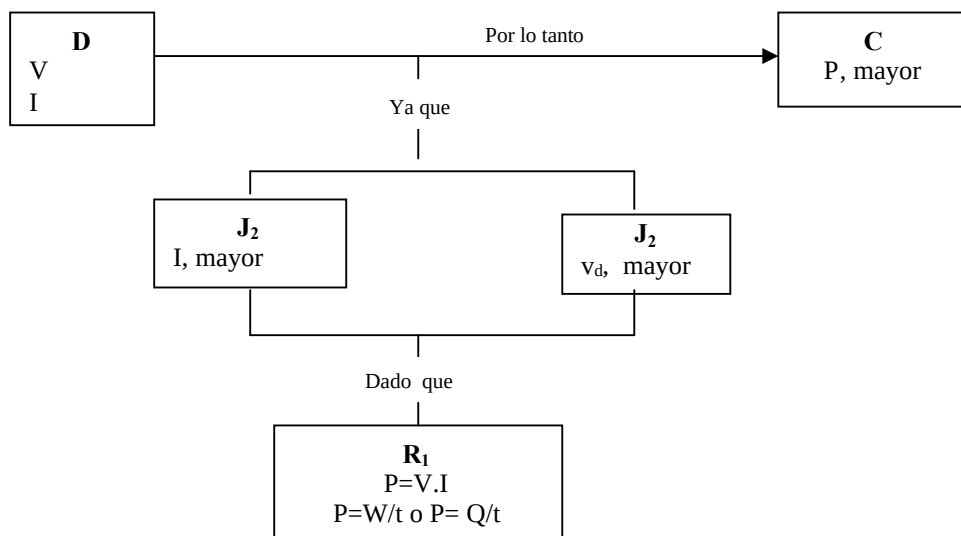
P=W/ t...Pero W=V.I.t...Por lo tanto que P=V.I...potencia eléctrica es el trabajo realizado en cada unidad de tiempo...la potencia eléctrica es el producto de la diferencia de potencial por la intensidad de la corriente.

Desde un abordaje cuantitativo, justifica el aumento de P en relación con la mayor velocidad de arrastre de las cargas eléctricas (v_d) que implica mayor I . Esto lo hace desde una base conceptual en que el aumento de P se entiende como un aumento de velocidad de realizar *trabajo*, lo que implica mayor velocidad de transformación de energía eléctrica en energía térmica. Este episodio pone en evidencia un tratamiento del fenómeno basado en relaciones académicamente aceptadas que, de ser aplicadas a situaciones reales, son la base para la elaboración de patrones argumentativos que llevan a la resolución del problema auténtico planteado en esta investigación.

.. significa que cuando menor sea el tiempo en que los electrones realicen su movimiento, mayor será la potencia es decir que la potencia eléctrica resulta proporcional a la velocidad con que se

realiza el trabajo de movimiento de los electrones... La potencia es tanto mayor cuanto mayor es el número de electrones desplazados en menos tiempo (pp.233).

Hemos visto como se aborda el concepto de potencia eléctrica mediante la aplicación de las leyes de la electricidad, donde la resistencia no aparece en las formulaciones. De esa manera el razonamiento se centró especialmente en I . También se nota que V aparece como factor en formulaciones, pero en el discurso está ausente el papel que cumple desde el punto de vista energético, papel que se vuelca sobre I .



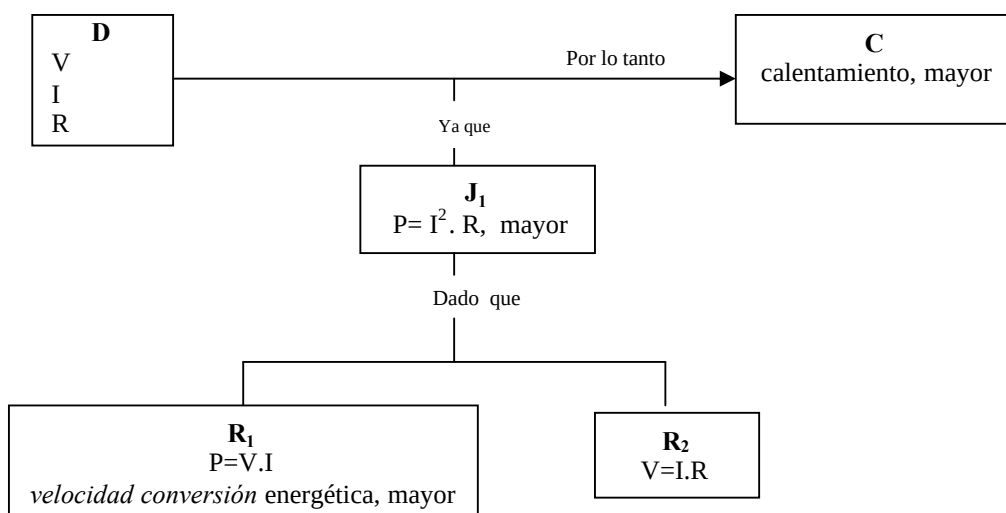
Esquema 4.25: Institucionalización de Potencia eléctrica del libro AS

A continuación se encuentra que, así como lo hiciera con la Ley de Joule, transforma la formula de potencia eléctrica de forma que se ponga de manifiesto el papel de la resistencia, para ello aplica la Ley de Ohm en reemplazos de V e I .

Establecida la formulación en función de R , conceptualiza la potencia eléctrica como evidencia de *velocidad* de *conversión* de energía eléctrica *consumida* en *calor*.

...la potencia eléctrica es proporcional al cuadrado de la intensidad y a la resistencia...los vatios ponen en evidencia la **velocidad** con que la energía eléctrica que **consumen** esos aparatos se convierte en otro tipo de energía, por ejemplo calor...(pp. 234)

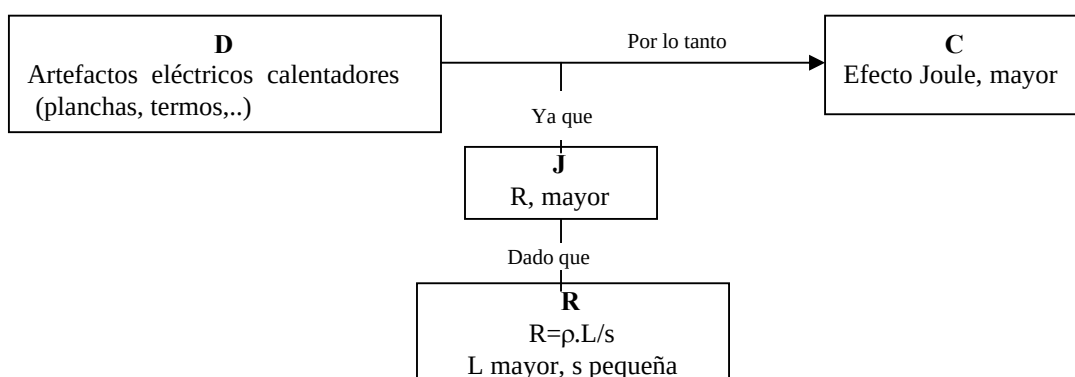
Este episodio marca el vuelco del razonamiento hacia R con el agregado de ideas alternativas como *consumo* de energía y *calor*. Términos hasta ahora no activados en relación con la potencia eléctrica.



Esquema 4.26: Fenómeno de calentamiento basado en leyes de electricidad del libro AS

Vincula el Efecto Joule con la vida cotidiana, haciendo referencia a electrodomésticos donde el fenómeno de calentamiento se pone de manifiesto. Oportunidad en que explicita la relación entre el fenómeno y las dimensiones de R: *mayor longitud, menor sección*. Vemos que, a pesar de disponer de las leyes de la electricidad básicas para argumentar sobre el fenómeno, en las aplicaciones próximas a la vida cotidiana vuelve a activar conocimientos propios del tratamiento inicial.

...Aplicaciones tecnológicas: Calentadores...Planchas, hornillos, termos, encendedores eléctricos, etc., son ejemplos domésticos de la aplicación del efecto Joule. **Obsérvese** que en todos ellos las resistencias son conductores de pequeña sección y de gran longitud; por ello, van arrollados como un rulo...Ambas magnitudes son fundamentales, según lo estudiado al tratar el cálculo del valor de resistencias en función de sus dimensiones... (pp. 236).

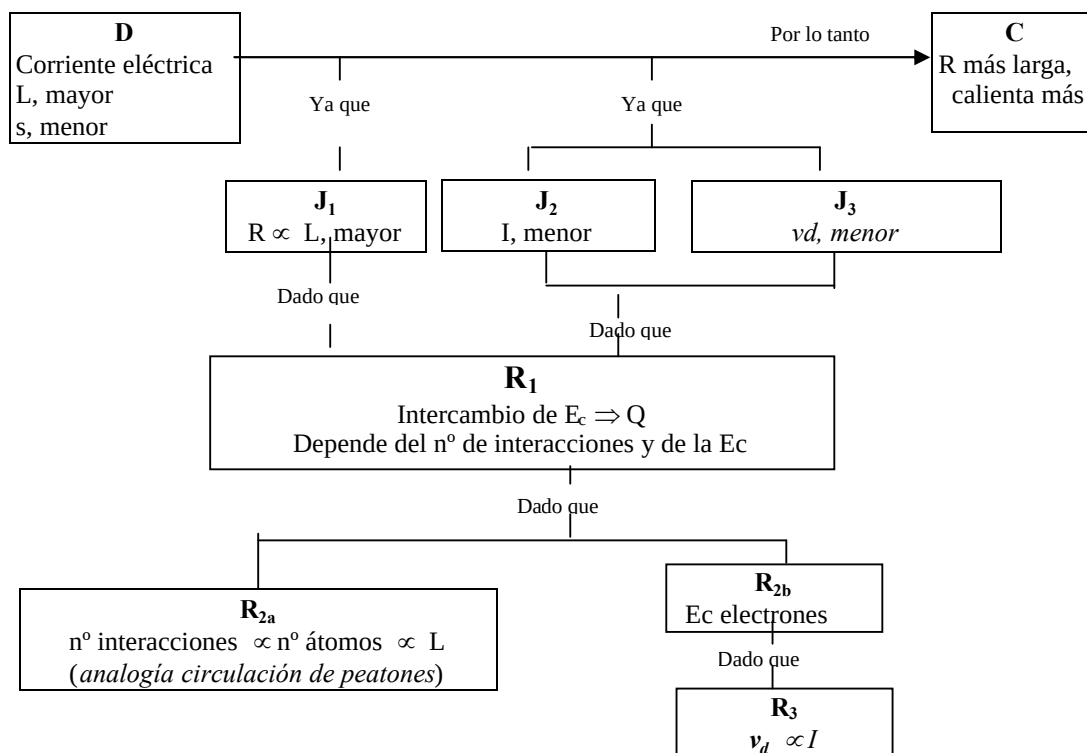


Esquema 4.27: Argumento sobre el calentamiento en artefactos eléctricos, en el libro AS

El análisis muestra que este texto inicialmente utiliza algunos elementos presentes en el referencial basado en el modelo analógico, avanzando luego en la

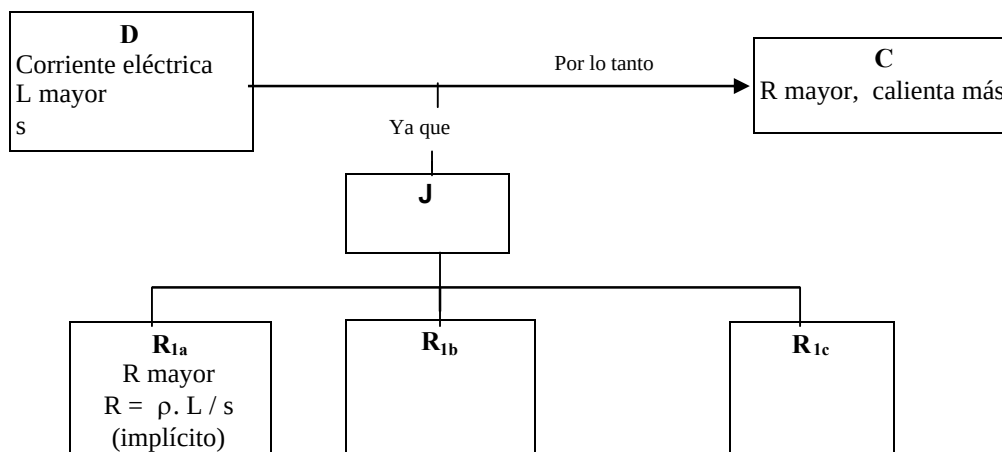
activación de las leyes de la electricidad. Se identifican episodios de transición donde coexiste el respaldo analógico con las leyes de electricidad.

Presentamos seguidamente el esquema comparativo con el referencial basado en el modelo analógico (Esquema 4.28). A pesar de que se manifiesta la activación de la totalidad de los elementos del referencial, aparece un significativo sesgo tal que el intercambio energético, por analogía con circulación de peatones, depende de un número de interacciones que se considera exclusivamente desde el punto de vista proporcional a la longitud de R. Operar dicha longitud como variable aislada de un sistema, sin presencia de otros elementos argumentativos relacionados con la intensidad de corriente, velocidad de arrastre (v_d) y energía cinética, no contribuye a la correcta conclusión sobre la problemática planteada. Más aún, si se cuantifica I y v_d sobre el concepto de resistencia como oposición, se construye un argumento contrario a la situación de mayor intercambio energético. Estamos en condiciones de afirmar que la selección de elementos cognitivos que realiza el texto, favorece más una conclusión alternativa que una correcta, en el caso de que el lector tuviera que resolver el problema auténtico.



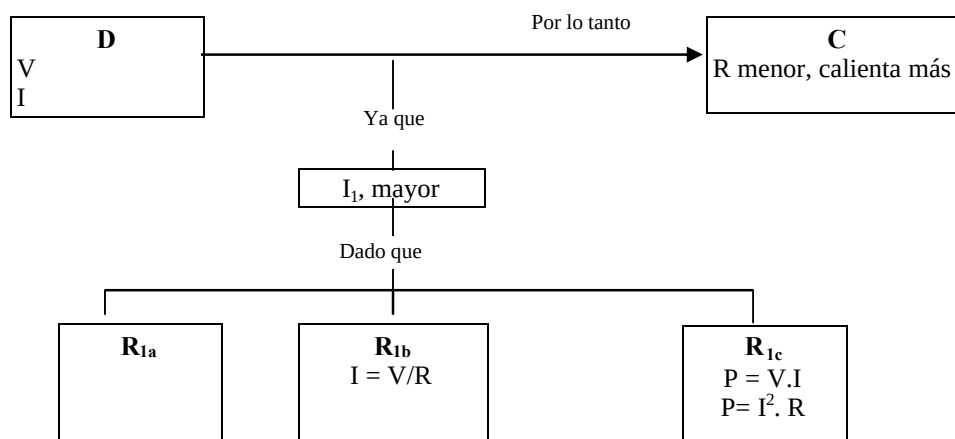
Esquema 4.28: Comparación entre el argumento referencial basado en el modelo analógico y la argumentación del libro AS

En cuanto a las siguientes comparaciones (Esquemas 4.29 y 4.30) con el referencial basado en las leyes de electricidad notamos que, si bien el texto activa la totalidad de elementos argumentativos, lo hace en episodios diferentes y en forma sesgada, según se considere o no la longitud de R. En el caso que toma como dato L mayor, llega a una conclusión alternativa (Esquema 4.29).



Esquema 4.29: Comparación entre el argumento referencial basado en las leyes de electricidad y la argumentación del libro AS, con L mayor como dato

En cambio, en el caso en el que L no es dato y si lo son V e I, el argumento favorece una conclusión correcta respecto a que la resistencia de menor valor es la que calienta más. Igualmente notamos que al convertir la expresión de P en función de I-R, no se aplica una visión sistémica sobre el intercambio energético en función de ambas variables.



Esquema 4.30: Comparación de la argumentación del libro AS con el referencial basado en las leyes de electricidad

Se ha puesto de manifiesto la posibilidad de llegar a conclusiones contrarias según los elementos que el texto opere. Pero es de destacar, por lo significativo, que el cierre del tema refuerza aquellas ideas alternativas de inicio del tratamiento del fenómeno.

4.2.b.2. Episodios de la construcción argumentativa del libro LS

El texto LS fue ampliamente utilizado en aulas de Física del ex secundario de la década de los 90. En el capítulo titulado *ENERGÍA Y POTENCIA DE LA CORRIENTE ELÉCTRICA* se encuentra el tratamiento del fenómeno que denomina *CALOR DESARROLLADO POR LA CORRIENTE ELECTRICA*, y lo explica asociando energía y trabajo a la corriente eléctrica. Siendo de notar que el tema se inicia de forma cuantitativa mediante formulación en función de V e I.

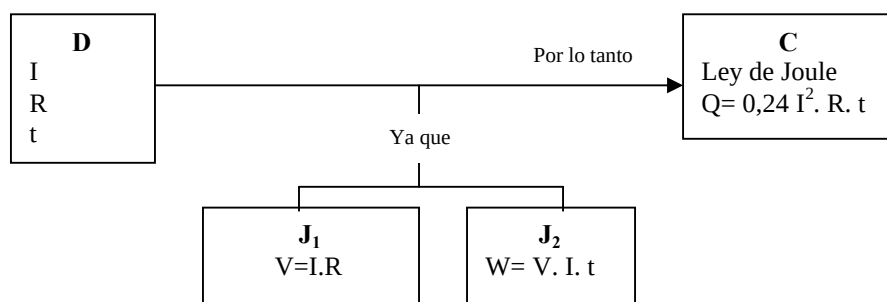
...La energía o el trabajo de la corriente eléctrica es directamente proporcional a la diferencia de potencial, a la intensidad de corriente y al tiempo que circula... $W=(V_a - V_b).I.t$ (pp. 319).

Parecería que desde la concepción alternativa de que la corriente tiene energía, establece que al circular por una resistencia se *genera trabajo*. Sin profundizar más sobre el fenómeno y recurriendo a la Ley de Ohm, de modo tal que aparezca R en la formulación, transpone la expresión de W en función de I-R. Sobre esta última formulación plantea la equivalencia entre trabajo eléctrico W y *cantidad de calor Q*, mediante la que institucionaliza la Ley de Joule.

*...el **trabajo eléctrico generado en una resistencia eléctrica** es proporcional al cuadrado de la intensidad de la corriente, al valor de la resistencia del conductor y al tiempo que circuló la corriente $W=I^2.R.t$. (pp.319).*

*...la **cantidad de calor generado en una resistencia** al circular por ella una corriente eléctrica... $Q=I^2.R .t.0.24 \text{ cal.}$ constituye la expresión de la ley de Joule (pp. 320).*

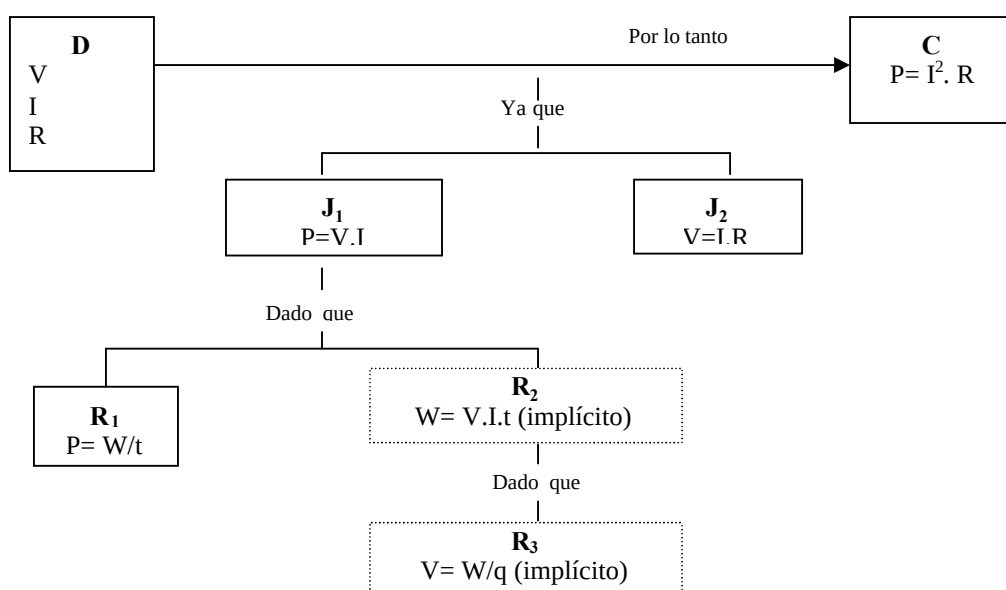
Se observa entonces que el fenómeno se aborda directamente sobre las leyes de la electricidad, con un tratamiento similar al encontrado en el texto AS. Notándose que en el texto LS no se encuentran rastros de utilización del modelo analógico, al contrario que en AS. La diferencia quizás pueda radicar que el texto LS no ahonda en explicaciones, limitando el discurso al lenguaje simbólico y su traducción literal sin ampliación conceptual.



Esquema 4.31: Institucionalización de Ley de Joule, a partir de las leyes de la electricidad del libro LS

Desde el campo de la mecánica, recupera el concepto de *potencia* como transcripción de la formula de *trabajo en la unidad de tiempo*. En concordancia con la idea ya manifiesta sobre corriente como portadora de energía, desprende ahora la idea de corriente como suministradora de potencia eléctrica. De manera tal que aunque aparezca V en la formulación de P , el discurso establece la cuestión de energía por el lado de I , sin vincular V con lo energético, papel que le corresponde desde lo conceptual. Mediante reemplazo transforma la expresión de P , como ya se mostró lo hiciera con W , en términos de $I \cdot R$ de modo tal que V desaparece de la formulación, aunque los reemplazos han necesitado de respaldos que relacionan V con W .

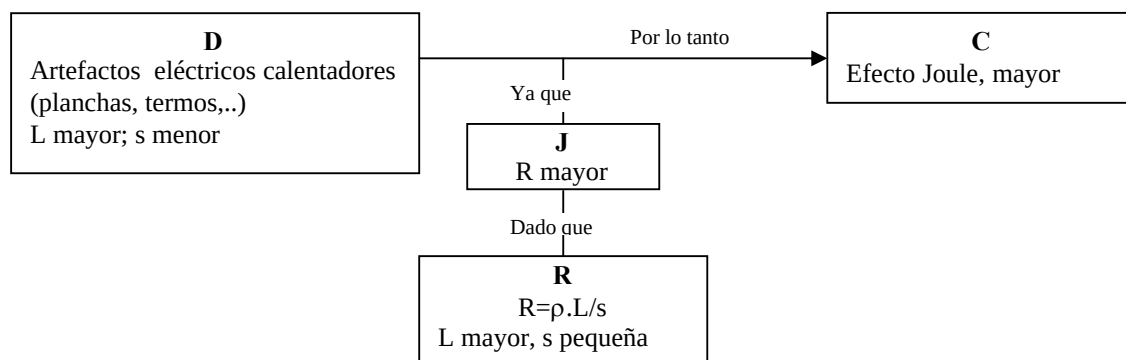
...Potencia es el trabajo realizado en la unidad de tiempo... $P = W/t$,... $P = V \cdot I$... la potencia suministrada por la corriente eléctrica es directamente proporcional a la intensidad de la corriente y a la diferencia de potencial aplicada...Por reemplazo $P = I^2 \cdot R$. (pp. 321).



Esquema 4.32: Formulación de potencia eléctrica a partir de las leyes de la electricidad del libro LS

Habiendo realizado un amplio despliegue de las leyes de la electricidad para presentar la Ley de Joule, finalmente presenta aplicaciones del Efecto Joule. A modo de argumentación del fenómeno de calentamiento en artefactos eléctricos, sesga la Ley de Joule, haciendo solamente referencia a las dimensiones de la resistencia, tal que ésta sea mayor. Parecería ser una transcripción de lo expresado en el texto AS, recordemos que también en la aplicación del fenómeno refuerza la asociación mayor resistencia mayor calentamiento.

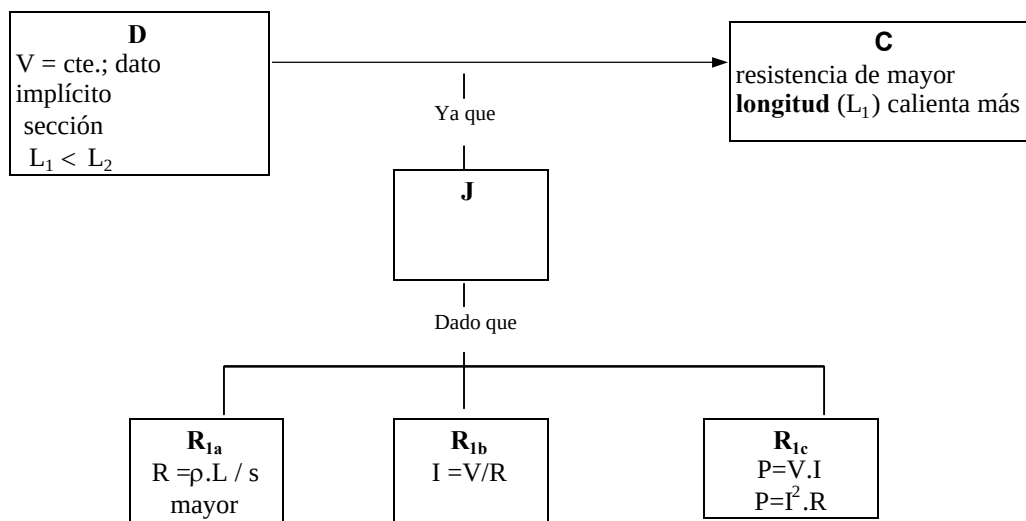
....Calentadores, hornos, planchas, estufas,...son variadas aplicaciones del efecto Joule: Todos estos aparatos están contruidos con conductores de gran resistencia específica, de poca sección y de gran longitud (por eso van enrollados (pp.324)



Esquema 4.33: Argumentación sobre el fenómeno de calentamiento en aplicaciones tecnológicas del libro LS

Evidentemente el tratamiento se realiza puramente desde el punto de vista de las leyes de la electricidad, no apareciendo interpretaciones del fenómeno que más allá de la definición matemática contribuyan a vincular el calentamiento con los distintos valores de la resistencia.

Si a la hora de la aplicación, manifiesta cómo se operativiza el conocimiento escolar. Es aquí donde se manifiesta la relación explícita y única entre el fenómeno de calentamiento y resistencia de mayor longitud. De esta manera surge un camino que lleva a conclusión alternativa.



Esquema 4.34: Comparación del argumento de LS con el referencial elaborado a partir de las leyes de la electricidad del libro LS

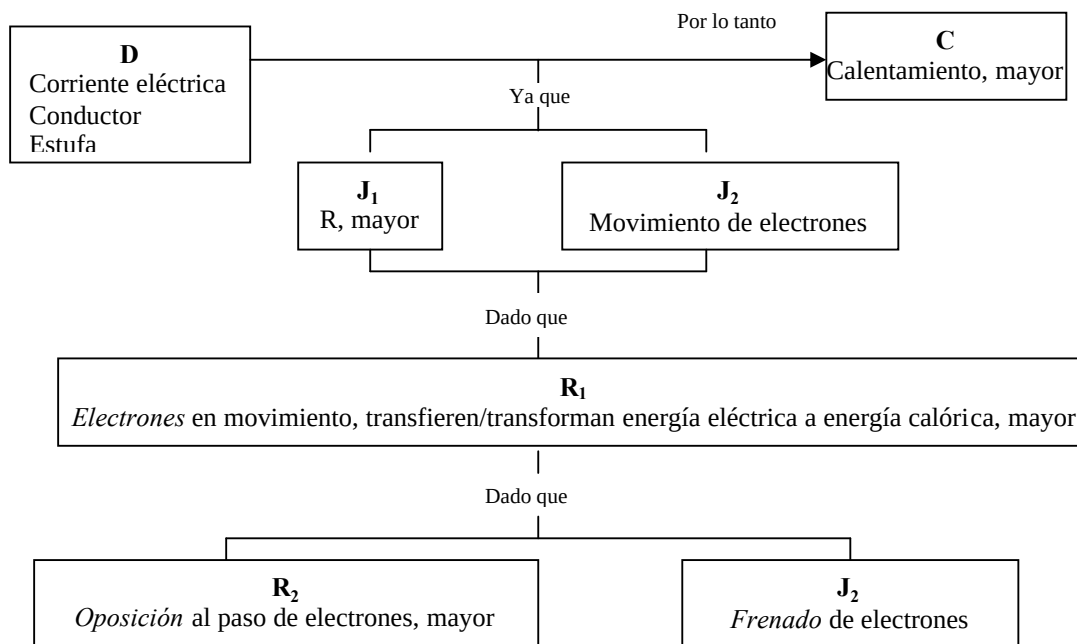
4.2.b.3. Episodios de la construcción argumentativa del libro ZS

El texto ZS introduce el tratamiento del fenómeno asociado al título *FRENADO DE ELECTRONES* que se desplazan en un medio que ofrece cierta *oposición* representativa de la resistencia del conductor, tomando como ejemplo la estufa eléctrica, señalando además que la resistencia es de valor *apreciable* y que *depende de su longitud*.

Sin más, sostiene que el propio movimiento de electrones a través de la resistencia, es la manera en que se *transfiere energía eléctrica* que se *transforma en energía calórica*.

A pesar de señalar que la circulación de *corriente produce calor*, no establece relación cuantitativa entre *I* y la transformación de energía. En cambio el énfasis puesto en la idea de *oposición, frenado y apreciable resistencia*, tomando como base el modelo analógico, instala la correspondencia entre resistencia mayor y calentamiento mayor.

...FRENANDO ELECTRONES...La corriente circula por el **conductor** con el que está construida la **estufa** y **produce calor**...ese conductor ofrece **oposición** al paso de los electrones...que llamaremos **resistencia**...al moverse los electrones transfieren **energía eléctrica** que se **transforma en calórica**.. con una apreciable resistencia *R*... (pp. 51).

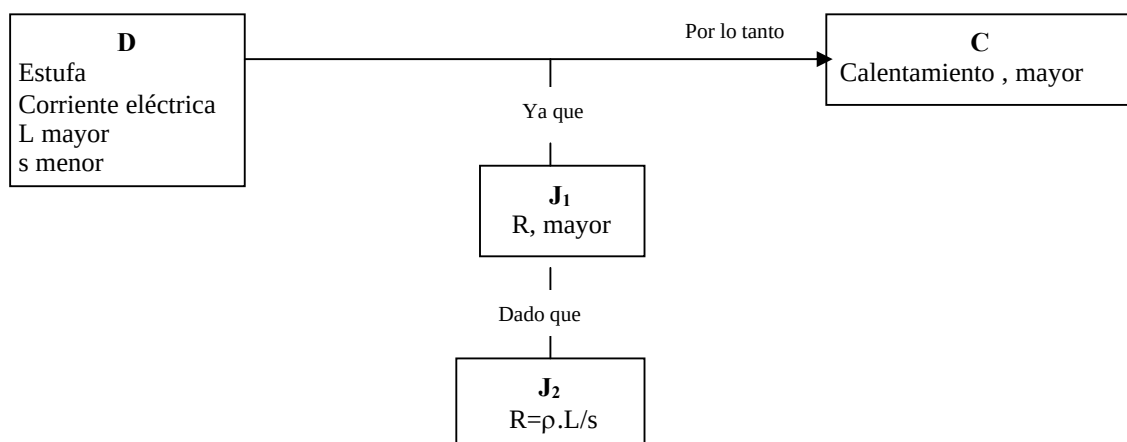


Esquema 4.35: Argumentación calentamiento de estufa por frenado de electrones del libro ZS

Bajo el título *La corriente eléctrica y la energía*, presenta leyes de electricidad que vincula con el fenómeno de transformación de energía.

Comienza con la referencia a la dependencia de R con sus dimensiones y la ejemplificación del fenómeno en estufas eléctricas, de modo tal que suma la relación L mayor, R mayor; que concatena con aquella relación R mayor, calentamiento mayor, que presentara sobre la base analógica de calentamiento por frenado de electrones.

...Las estufas eléctricas también aprovechan la transformación de energía, en este caso en calor...las llamadas de cuarzo...de ¿pequeña o gran resistencia R? (pp.67).



Esquema 4.36: Argumentación sobre el fenómeno de calentamiento en aplicaciones tecnológicas del libro ZS

El supuesto conocimiento que el lector podría tener sobre el concepto de potencia, posiblemente proveniente del campo de la mecánica, es tomado como base para abordar la cuestión de transformación de energía en una resistencia eléctrica.

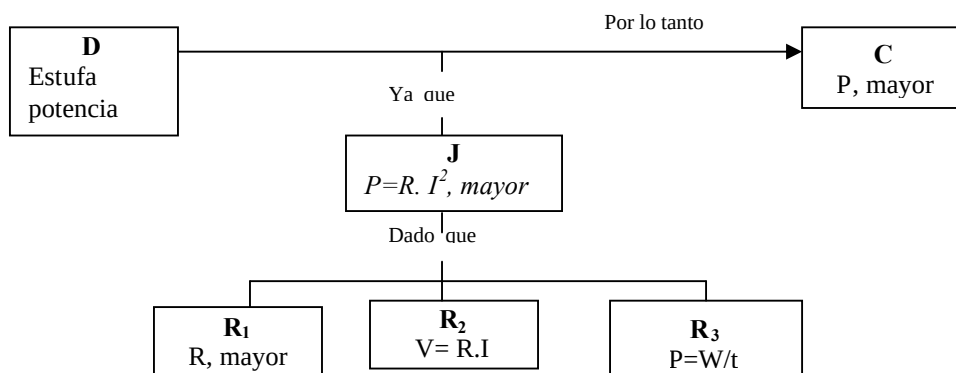
*... vamos a proponerte razonar juntos para construir una **argumentación** que vincule este concepto de potencia, ya conocido por otra parte, con las cuestiones de energía eléctrica (pp.70).*

El razonamiento se enfoca desde el punto de vista matemático, tal que partiendo de la formulación de energía eléctrica $W=q.V$ y de la definición de potencia $P=W/t$, formula la potencia eléctrica como $P=V.I$. Se observa entonces la ausencia de razonamiento conceptual. Especialmente se nota que V e I tienen un papel limitado a la formulación y que aparecen por el mero reemplazo de fórmulas, estando ausente la componente conceptual tan fundamental si se pretendía la construcción de una argumentación acerca de la transformación energética.

Es de notar, en cambio, cómo se tiende a plantear la vinculación del calentamiento de artefactos eléctricos a través de la relación resistencia, energía y potencia eléctrica.

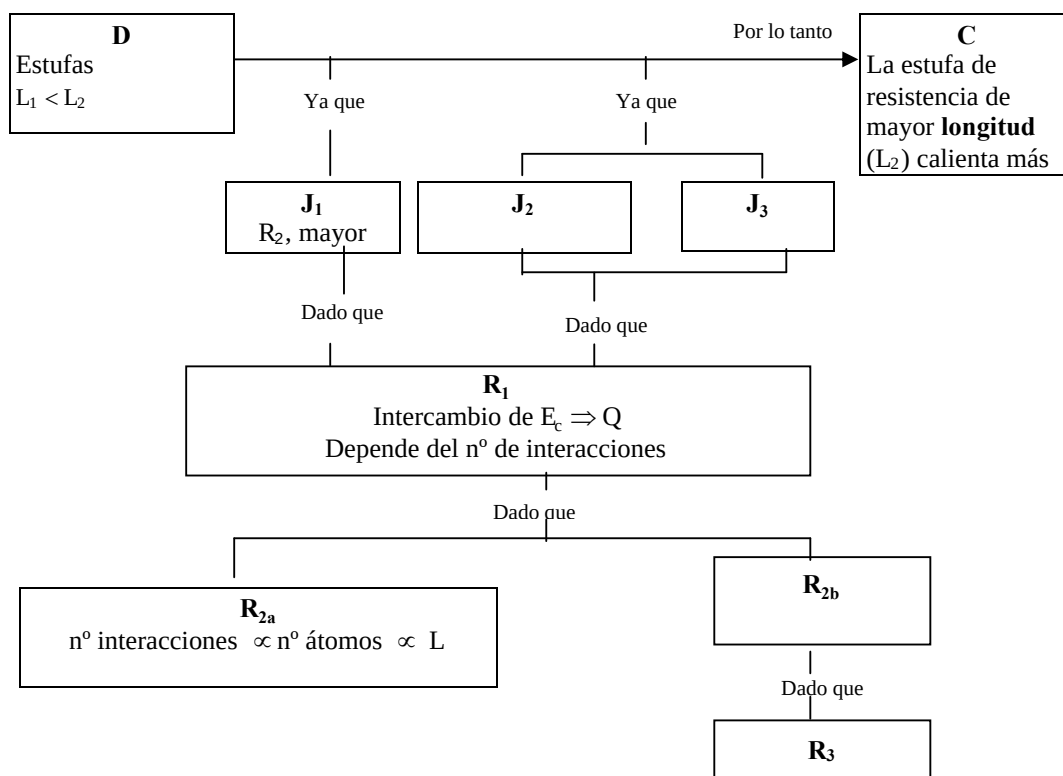
Para ello continúa con el enfoque matemático, recurre a la ley de Ohm para efectuar reemplazos de tal modo que la potencia quede expresada en términos de I y R . A pesar de la dependencia de la potencia con estas dos variables, verbalmente deja establecida la dependencia de la potencia eléctrica, y en relación con ello la energía transformada, exclusivamente de la resistencia.

*Un calentador eléctrico o una plancha tienen resistores en su interior, con una **elevada resistencia** eléctrica...¿Cómo está vinculada esta resistencia con la energía y con la potencia?...Un poco de matemática nos volverá a ayudar para encarar este problema. Sabemos que $P=V.I$, pero $V=R.I$, entonces $P=R.I^2$... **Como ves, la potencia depende de la resistencia del conductor...**En cuanto a la energía $E=P.t= R.I^2.t$. (pp.73).*



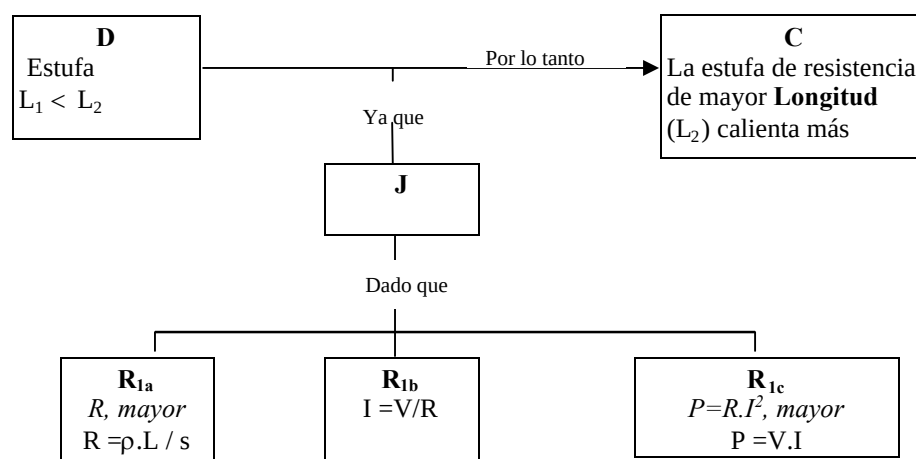
Esquema 4.37: Argumentación basada en la potencia eléctrica del libro ZS

Se muestra en Esquema 4.38 la comparación de la argumentación del texto ZS con los referenciales del investigador. En primer lugar con el basado en el modelo analógico quedando en evidencia que el intercambio energético varía en función de la longitud de la resistencia.



Esquema 4.38: Comparación con el referencial basado en un modelo analógico, del libro ZS

Se presenta seguidamente la comparación con el referencial basado en las leyes de la electricidad, observándose que se activan todas aquellas indicadas en el referencial, pero se continúa poniendo énfasis en que el fenómeno se incrementa en función directa con R , y ésta depende de L . Como en otros textos se nota la recurrencia a transformar la formulación de la potencia eléctrica en función de R e I , cuando del fenómeno de calentamiento se trata. También es notable la ausencia del papel que V cumple en la cuestión de energía eléctrica.



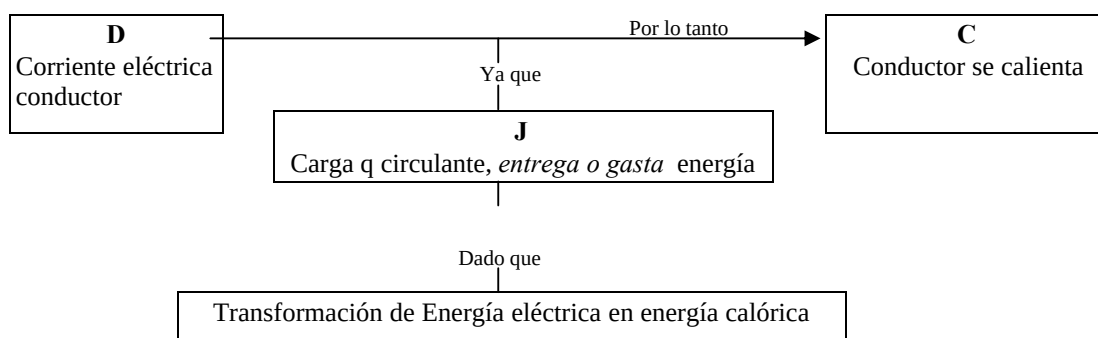
Esquema 4.39: Referencial elaborado a partir de las leyes de la electricidad del libro ZS

4.2.b.4. Episodios de la construcción argumentativa del libro KS

Este texto KS también, como el AS, se caracteriza porque sus ediciones han sido recomendadas en al menos las tres últimas décadas del siglo XX, motivo por el cual han marcado la formación de los que hoy son profesores en ejercicio.

El texto toma la energía como punto de partida del estudio de los circuitos eléctricos. Desde esa perspectiva aborda el fenómeno en estudio. Justifica el calentamiento por el *gasto* de energía que entrega la carga circulante. Esta idea de *gasto*, se vincula en la vida cotidiana con consumo y pérdida. Hablar en estos términos en relación con fenómenos energéticos no es coherente con el principio de conservación de la energía.

...el alambre que los une se calienta cuando pasa la corriente, lo que es una prueba de que allí se gasta una cierta cantidad de energía eléctrica al transformarse en energía calórica... Cuando una carga q circula... entrega una energía (pp. 234).

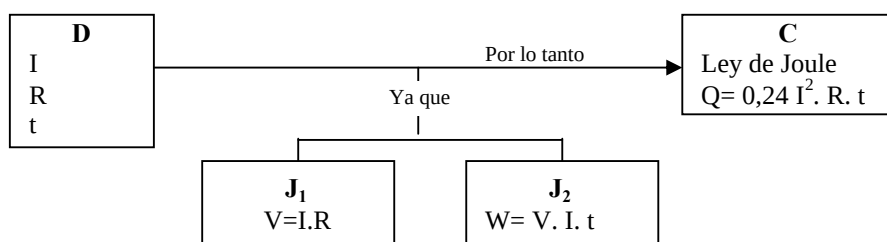


Esquema 4.40: Calentamiento como prueba de gasto de energía del libro KS

La institucionalización del fenómeno se presenta en el marco de un capítulo bajo la extraña titulación de *Calor Eléctrico* (pp.271). Dado que conceptualiza *calor como una forma de energía desarrollada por la corriente eléctrica*, queda a criterio del lector deslindar entre lo académicamente correcto y lo que no lo es. Exigencia que no estaría al alcance de estudiantes del nivel, si tuvieran como fuente principal de conocimiento este texto.

Presenta una argumentación basada en las leyes de la electricidad casi idéntica al texto LS analizado anteriormente, por lo tanto se transcribe los episodios más significativos y se muestra el Esquema 4.41, que surge del análisis del discurso.

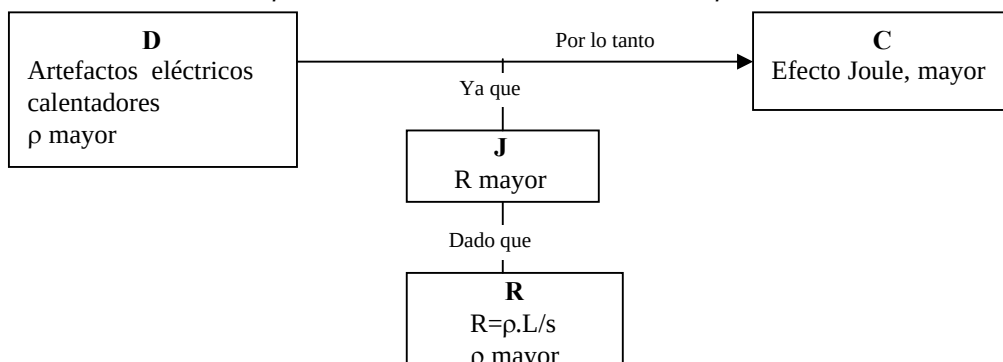
...el calor es una forma de energía... Si el calentador funciona con voltaje V y una intensidad I durante un tiempo t , el trabajo realizado es $W=V.I.t$, como cada J equivale a $0,24$ cal, $Q=0,24 V I t$ (Ley de Joule)... $Q= 0,24. R. I^2. t$...Ley de Joule: El calor que desarrolla una corriente eléctrica al pasar por un conductor es directamente proporcional a la resistencia, al cuadrado de la intensidad de la corriente y al tiempo que dura la corriente (pp. 272).



Esquema 4.41: Institucionalización de Ley de Joule, a partir de las leyes de la electricidad, en libro KS

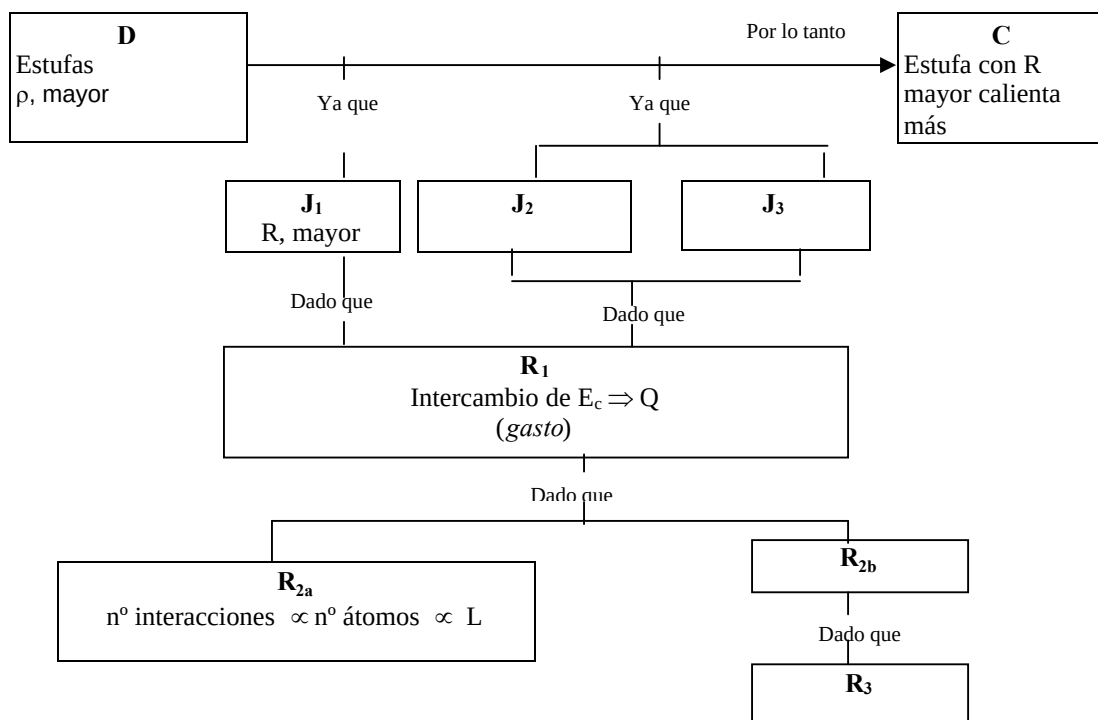
Al igual que otros textos, menciona aplicaciones tecnológicas del fenómeno; pero, a pesar de disponer de las leyes de la electricidad, elige justificar el calentamiento sólo en función de R .

Los artefactos eléctricos destinados a producir calor, como los calentadores, estufas, cocinas, hornos, etc, son aplicaciones muy difundidas de este efecto. Como resistencias de calentamiento suele usarse una aleación... que tiene una resistividad 10 veces superior



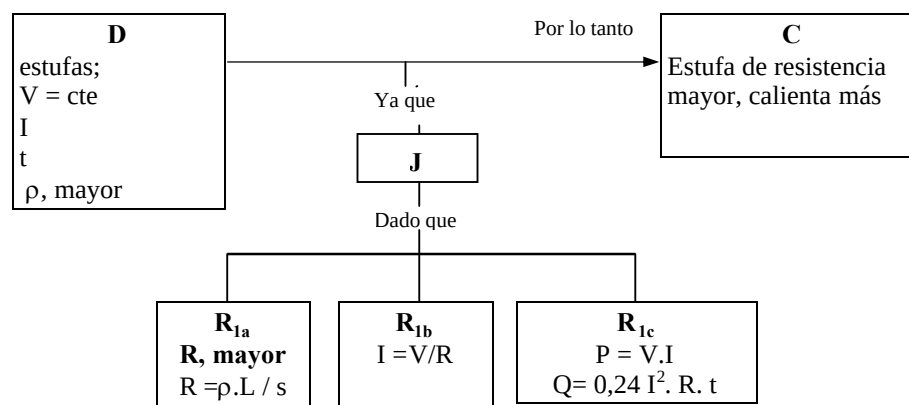
Esquema 4.42: Argumentación sobre el fenómeno de calentamiento en aplicaciones tecnológicas del libro KS

Siguiendo con la metodología de comparar la argumentación del libro de texto analizado con los referenciales de investigación, el Esquema 4.42 pone de manifiesto el conocimiento utilizado por el texto ZS cuando argumenta sobre la base del modelo analógico. Principalmente, se respalda el fenómeno en una analogía de *algo que se gasta* al moverse en un medio de alta resistividad. Se observa, que son pocos los elementos explicitados del modelo analógico molecular.



Esquema 4.43: Comparación de la argumentación del texto KS con referencial basado en un modelo analógico

Se muestra en Esquema 4.44 la comparación con el referencial basado en las leyes de electricidad. Es evidente que a pesar que el texto KS utiliza plenamente las leyes de la electricidad, se prioriza la cuantificación de la resistencia a través de su mayor resistividad y el intercambio de energía eléctrica en térmica se relaciona con la misma.



Esquema 4.44: Comparación de la argumentación del texto KS con referencial elaborado a partir de las leyes de la electricidad

4.2.b.5. Conclusiones de la construcción argumentativa de textos de ESP, de edición anterior a la Reforma

Siguiendo igual metodología utilizada en apartado 4.2.a.6, se elaboran las conclusiones respecto al *perfil argumentativo* de estos cuatro textos de ESP, de edición anterior a la Reforma.

Se continúa evidenciando alta presencia de razonamiento analógico (cinético molecular sustentado en otras analogías, hidráulica, mecánica o de la vida cotidiana, tales como desplazamiento peatonal) en la construcción de los argumentos como así también en el respaldo de las ideas claves que son elementos de la argumentación.

En la Tabla 4.27 se muestra el contraste entre los elementos del argumento de cada texto con aquellos utilizados en el referencial basado en el modelo analógico. Esta contrastación pone de manifiesto que tres de los cuatro textos utilizan explícitamente el modelo analógico. En el caso del texto LS, solo se limita a brindar datos que resultan de un valor de R mayor. Aunque en los episodios de tratamiento del fenómeno parece no haber más desarrollo analógico, en realidad en R mayor se encuentra omnipresencia la construcción analógica de dicho concepto que, según se observa en el apartado 4.1.2.3, relaciona con I menor utilizando el modelo hidráulico.

Referencial		Libros de Texto ESP, de edición anterior			
		AS	LS	ZS	KS
DATOS					
V = constante					
Sección (s) = constante		s, menor	s, menor		
Resistividad (ρ) = constante					ρ , mayor
Longitud (L), mayor		L, mayor	L, mayor	L, mayor	
JUSTIFICACION					
R, mayor		R, mayor	R, mayor	R, mayor	R, mayor
I, mayor (corriente eléctrica)		I, menor			
Velocidad de arrastre, mayor		<i>vd, menor</i>		<i>Frenado</i> de electrones	Frenado (analogía mecánica)
RESPALDO					
Intercambio de energía cinética en calor	Depende del n° de interacciones	Depende del n° de interacciones		<i>Oposición</i> al paso de electrones, mayor	Gasto de energía
	Depende de la Ec. de los electrones	Depende de la Ec. de los electrones			
n° interacciones $\propto$ n° átomos		n° de choques es mayor		n° de choques es mayor	n° de choques es mayor
n° átomos $\propto$ L		n° de choques es mayor		n° de choques es mayor	n° de choques es mayor
Ec. de los electrones $\propto$ $1/L^2$	Velocidad de arrastre $\propto$ I	$v_d \propto I$			
	$I \propto 1/L$				

Tabla 4.27: Perfil argumentativo de los libros de texto, basado en modelo analógico, Textos ESP de edición anterior a la Reforma

En todos los textos se omite la mención a la diferencia de potencial a la que se conecta la resistencia, de ahí que no aparezca como elemento del argumento. Dado que el razonamiento generalmente se instala sobre aquello que cambia, podría suceder que de ahí se interprete que se considera constante. En ese caso la situación de cambio de R supone una situación similar a la del problema auténtico planteado en la investigación, sin embargo en el libro se destaca que R mayor conduce a mayor calentamiento.

La conclusión opuesta se elabora a partir de considerar que el intercambio energético se define por el número de interacciones, sin ponderar el papel de la energía cinética puesta en juego en el intercambio y en relación con ella.

Seguidamente se contrastan los elementos del perfil argumentativo de estos libros de texto, con el referencial basado en las leyes de la electricidad (Tabla 4.28).

Referencial	Libros de Texto ESP, de edición anterior a la Reforma			
	AS	LS	ZS	KS
DATOS				
V = constante		V=constante		
Sección (s) = constante	s	s		
Resistividad (ρ ,)= constante				ρ , mayor
Longitud (L), mayor	L, mayor	L, mayor	L, mayor	
JUSTIFICACION				
I mayor				
RESPALDO				
$R = \rho \cdot L / s$	$R = \rho \cdot L / s$, mayor	$R = \rho \cdot L / s$, mayor	$R = \rho \cdot L / s$, mayor	$R = \rho \cdot L / s$, mayor
$V = I \cdot R$		$I = V/R$	$I = V/R$	$I = V/R$
$P =$	$V \cdot I$	$V \cdot I$	$V \cdot I$	$V \cdot I$
	$I^2 \cdot R$	$I^2 \cdot R$	$I^2 \cdot R$, mayor	$Q = 0,24 I^2 \cdot R \cdot t$
	V^2 / R			

Tabla 4.28: Perfil argumentativo basado en las leyes de electricidad, en Textos ESP, de edición anterior a la Reforma

Este contraste de la Tabla 4.28, pone de manifiesto que la totalidad de los textos de la muestra investigada, de edición anterior a la Reforma, destinados a estudiantes de 15 a 17 años, construye la argumentación tomando algún dato de dimensión o naturaleza de la resistencia tal que su valor sea mayor, según la fórmula $R = \rho \cdot L / s$.

A pesar de que la mayoría se respalda en la Ley de Ohm, es nula la utilización de la misma para cuantificar I como variable. De ahí que supuesto V constante e I no variable, aplican la formulación de potencia eléctrica utilizando la fórmula $I^2 \cdot R$ dependiente exclusivamente de R. En consecuencia se deriva la conclusión, aunque alternativa, de que el calentamiento es mayor. Bien podría suponerse que lo que plantea el texto es R variable con I constante, situación distinta a la planteada por el problema auténtico. De haber sido así, los textos hubieran debido contemplar la variación de V y luego utilizar la expresión V^2 / R para la potencia que sin duda la totalidad de los textos prefiere evitar usar y razones no le faltan ya que debería razonarse en función de dos variables inversas, que además tienen diferente exponente.

Se concluye que estos textos tienen la totalidad de los elementos que activados llevarían a una posible solución correcta del problema auténtico que nos interesa, sin embargo la centralización del argumento en la variable R oculta y condiciona la potencialidad de utilizar plenamente el conocimiento analógico y de las leyes de la electricidad, que permitiría dar sentido al papel de la intensidad de la corriente eléctrica en el efecto de calentamiento.

Textos editados durante la Reforma

4.2.b.6 Episodios de la construcción argumentativa del libro EP

Este libro de texto es de consulta habitual en las aulas de Educación Polimodal, ya sea porque el profesorado en ejercicio lo recomienda para la consulta, como también por estar disponible en Bibliotecas de centros de enseñanza pública a las que equipó el Ministerio de Educación de la Nación en el marco del Programa Nacional de Becas Estudiantiles.

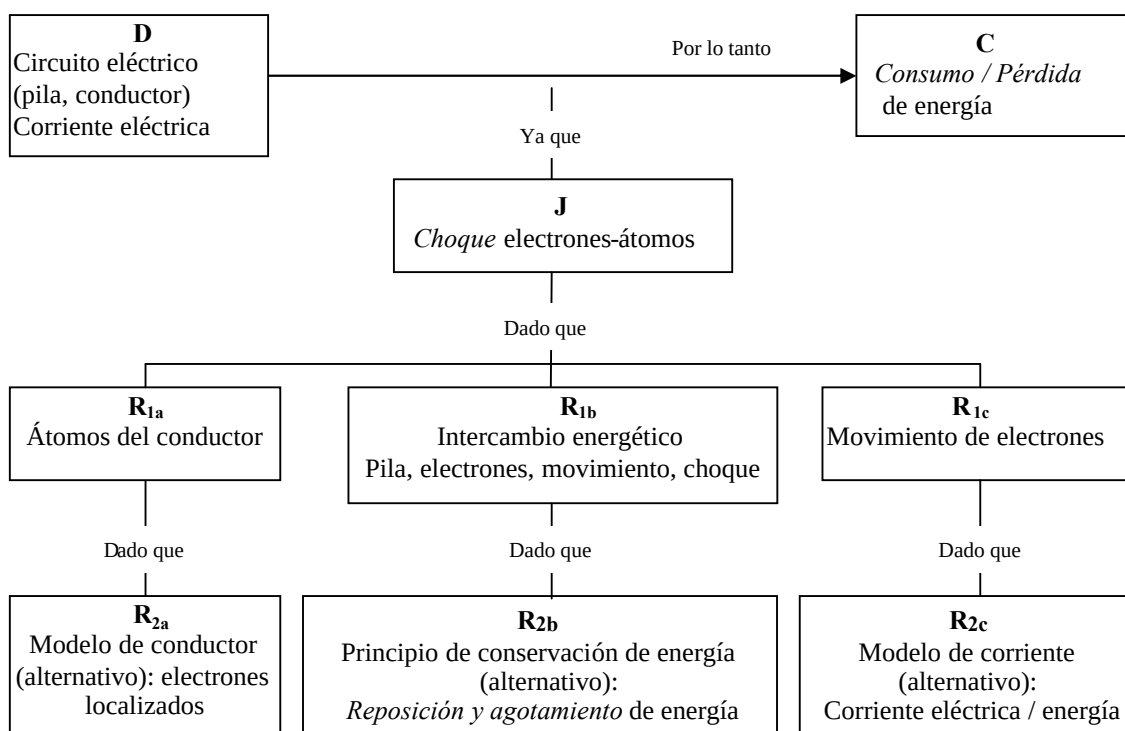
De acuerdo con las indicaciones del currículo oficial, el texto EP aborda el estudio de circuitos eléctricos desde el punto de vista energético. Sin embargo, desde el primer episodio se denota un tratamiento del intercambio energético alejado del conocimiento académicamente aceptado: presenta la pila eléctrica como *repositor* de energía, el movimiento de electrones como indicativo de que éstos *tienen* energía que *pierden* al chocar con los átomos hasta *agotarla*.

El mismo texto contiene bases conceptuales que contrarían el principio de conservación de la energía que más adelante pretende utilizar como respaldo de los fenómenos de transformación energética en una resistencia óhmica. Además, encontramos que el estudio del sistema circuito eléctrico se realiza utilizando un patrón de razonamiento lineal o secuencial: pila *entrega* energía, electrones se mueven, *choque* electrones-átomos, electrones *pierden* energía, pila *repone* energía, repitiendo el ciclo hasta *agotar* la energía de la pila.

Respecto al modelo de conductor, difícilmente los estudiantes podrán formarse un concepto de la no localización de los electrones y de las interacciones electromagnéticas, si la fuente que consulta hace referencia a choques entre partículas eléctricas en forma poco clara, de modo que es difícil interpretar si los electrones pertenecen o no al material conductor, provienen de la fuente, tienen algún vínculo con los átomos del material y no aclara qué tipo de choques o interacciones se producen.

...los electrones se mueven... en ese movimiento hay pérdida de energía debido a los choques de los electrones contra los átomos del metal que forma el cable. Esa energía que pierden los electrones es repuesta por la pila, hasta que finalmente se agota (pp. 215).

Se presenta el Esquema 4.46 que se construye a partir del análisis de este episodio con que el texto inicia el tema.



Esquema 4.46: Intercambio energético en circuito eléctrico basado en modelo alternativo de conductor, corriente y conservación de energía, texto EP

El tratamiento de intercambio energético, señalando que la energía se *consume* en forma de *calor*, tiene continuidad aún en la presentación de leyes fundamentales de la electricidad, tal como la ley de Ohm. Aunque con otros términos (antes: *pila*, *electrones*, *reponer* y *perder energía*; ahora: *fuerza de electricidad*, *cargas eléctricas*, *suministro* y *consumo de energía*), podría parecer que es un episodio diferente, en definitiva reitera y reafirma que la *energía consumida* implica *calor generado* en el circuito.

Dado el enfoque energético, donde el movimiento de las cargas es tomado como evidencia de la presencia de energía, el texto resuelve introducir como causa de dicho movimiento la *fuerza electromotriz*, la cual define sin establecer conexión conceptual siquiera dentro del mismo párrafo. Sin embargo, parece que considera suficiente la traducción verbal de su formulación matemática para cubrir las necesidades del texto y cumplir el papel de respaldo académico para los estudiantes de nivel Polimodal.

El tratamiento dado a la *fem* no contribuye a la comprensión de este concepto que, según Guisasola y cols. (2005), reviste dificultad de aprendizaje aún para futuros profesores de ciencias que lo confunden con diferencia de

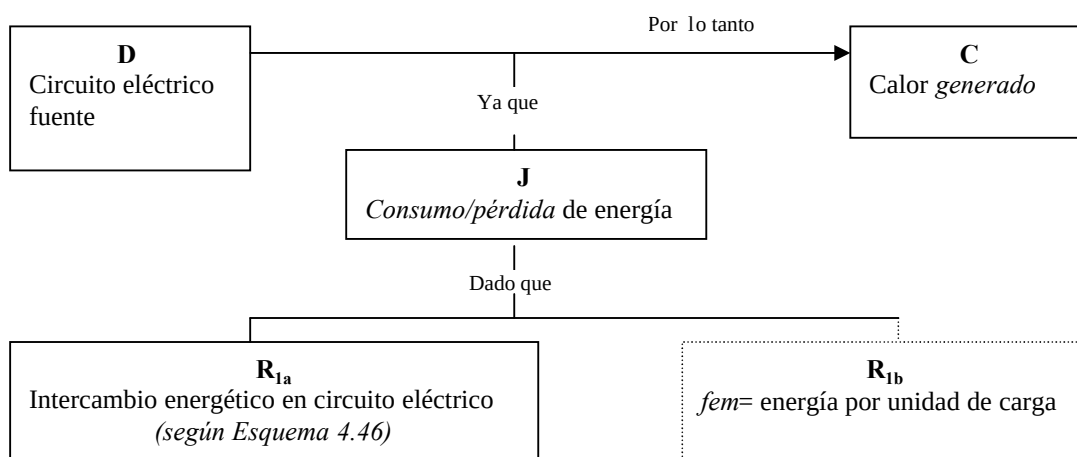
potencial en circuitos eléctricos. Entre los indicadores que estos investigadores han establecido respecto a la comprensión del concepto de fuerza electromotriz, se cuentan los siguientes:

- 1) La fuerza electromotriz es una **propiedad** de los generadores de energía eléctrica y no una propiedad ni del circuito ni de las cargas;
- 2) La fuerza electromotriz es el **trabajo** (por unidad de carga) realizado por fuerzas (no conservativas, tales como las debidas a reacciones químicas dentro de la pila y fuerzas conservativas, tal como las de repulsión electrostática) para separar las cargas de distinto signo entre los electrodos de una pila y desplazarlas. Aplicada la definición y considerando que la integral del campo conservativo a lo largo del circuito es cero, se concluye que la fuerza electromotriz es una magnitud que **cuantifica una transferencia de energía** (de la pila a las cargas del circuito) asociada a un campo no conservativo.
- 3) Se ha de distinguir entre la medida de la fuerza electromotriz de una pila y la medida de la diferencia de potencial entre los electrodos de una pila.

Sin duda, del análisis del tratamiento dado este texto de Polimodal, se infiere la no existencia de estos indicadores. Cabe notar el riesgo que conlleva para el aprendizaje del tema, la mezcla de discursos alternativos y definiciones académicas, puesto que los estudiantes que lo consultan habitualmente atribuyen autoridad a la fuente bibliográfica y se convencen de la corrección científica del conocimiento aprendido.

*...En los circuitos la **fuerza de electricidad** es el elemento responsable de **suministrar energía a las cargas** eléctricas. Esa **energía se consume en el calor** generado (tanto **en el circuito como en la propia fuente**); la energía por unidad de carga se conoce como **fuerza electromotriz** (pp.217).*

En el episodio anterior, cuyo argumento se representa en Esquema 4.46, el texto concluye que la energía se pierde o se consume. Tomando como base esa estructura argumentativa, además del agregado inconexo de la definición de fuerza electromotriz, el libro de texto construye el episodio cuyo argumento se muestra en Esquema 4.47, donde se representa en un cuadro con línea de puntos el contenido de la *fem* que se declara pero no se opera en la comprensión del fenómeno.



Esquema 4.47: Vinculación calor – consumo de energía, texto EP

Considerando que estos episodios forman parte del tratamiento de la ley de Ohm, llama la atención que siendo posible introducir el concepto de resistencia R como constante de proporcionalidad, el texto recurre a la estrategia de definirla en función de sus dimensiones y naturaleza para luego utilizarla en la ley, quedando a la libre interpretación del lector su papel en la relación de proporcionalidad. De tal modo que la formulación $I=V/R$ de la ley de Ohm da por sobreentendido el papel de R como constante para un determinado circuito.

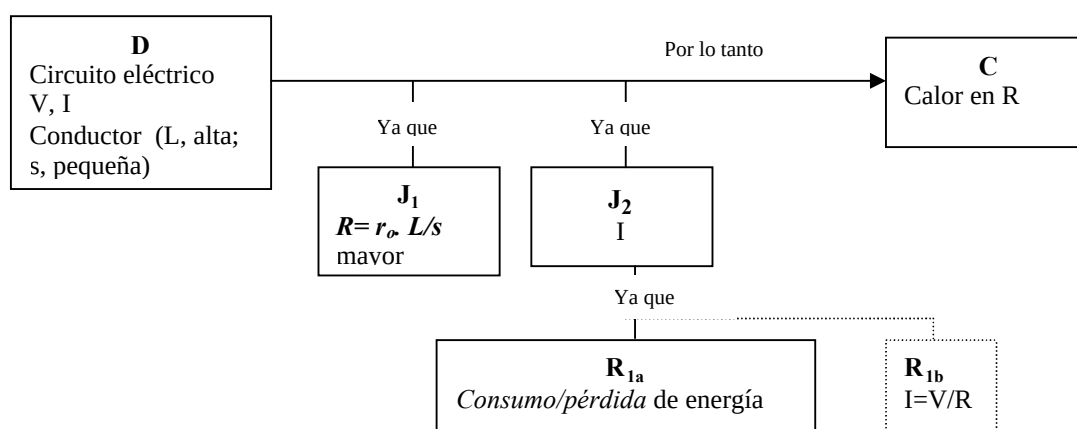
*...las dimensiones y la naturaleza de los conductores que forman un circuito definen la resistencia... $R=r_0$. L/s (gran longitud y una sección muy pequeña ofrecerá una gran resistencia).
...La ley dice que la intensidad de la corriente eléctrica en un conductor es directamente proporcional a la diferencia de potencial entre los extremos del mismo... $I=V/R$ (pp.217).*

Se hace explícita la relación de la resistencia de los conductores con la pérdida de energía en forma de calor. Es sorprendente la simultaneidad discursiva del conocimiento académico de leyes de electricidad, con referencias sobre consumo de energía, calor, gran resistencia y gran longitud.

*Cuando se **descarga** una batería a través de un conductor, se desarrolla cierta cantidad de calor...El **calor** desprendido en un conductor por el paso de una corriente supone una **pérdida de energía** (pp.218).*

Del análisis del fenómeno de calentamiento del conductor se ha puesto de manifiesto la presencia de leyes de la electricidad combinadas con ideas alternativas sobre intercambio energético, resulta el siguiente esquema argumentativo (Esquema 4.48). Por la misma razón expuesta en el esquema anterior, aparece un cuadro con línea de puntos, en este caso para la ley de Ohm.

En el esquema se destaca que el fenómeno se justifica mediante una incremento de R , sin tener en cuenta que dicha variación implica la variación de I . **Es importante advertir que el *consumo* y la *pérdida de energía* tornan su papel en el argumento: de conclusión y justificación en esquemas previos, ahora se transforma en respaldo de la construcción del conocimiento donde aparecen leyes de la electricidad.**



Esquema 4.48: Vinculación resistencia - consumo de energía – calor, texto EP

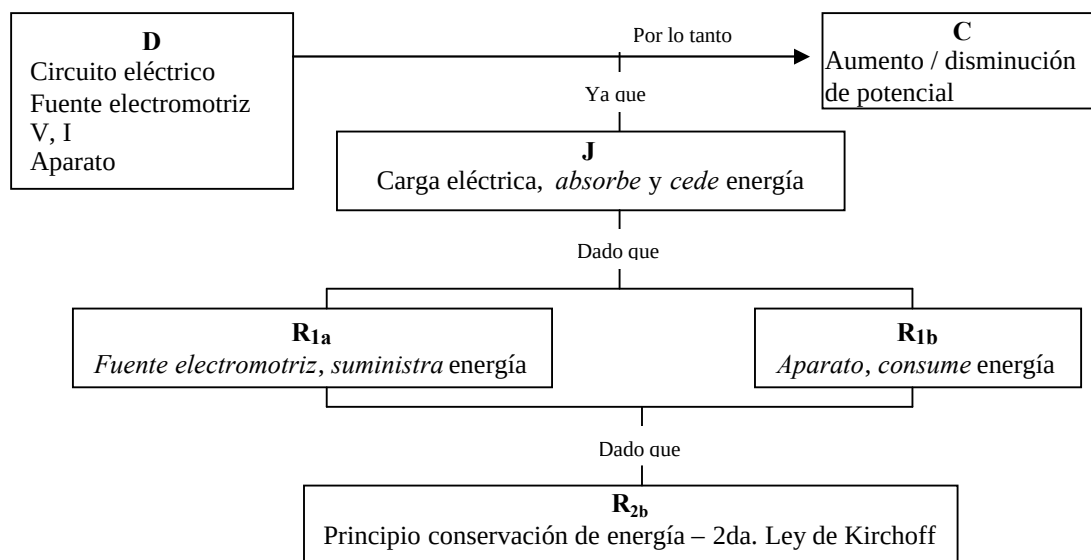
Resulta relevante mostrar cómo a través de la introducción de leyes, refuerza ideas con discursos más de propios del lenguaje cotidiano que del lenguaje de las leyes.

Parecería que el texto de Polimodal pretende dar un tinte de mayor nivel académico, que en definitiva le corresponde lograr, con la introducción de las leyes de Kirchoff, fundamentales en el estudio de circuitos. Se encuentra que el enunciado de la segunda ley se hace mediante ideas alternativas sobre el intercambio energético, con el consiguiente riesgo de dar lugar a ideas alternativas sobre la corriente eléctrica, tal como el modelo de atenuación o la corriente eléctrica como energía eléctrica.

Para el tratamiento del fenómeno se utiliza un razonamiento causal a través de la recurrencia al término *cuándo* y la secuenciación de intercambio energético localizado en diferentes partes del circuito. Se nota también que al relacionar la intensidad de corriente eléctrica y la diferencia de potencial, el texto revierte la causalidad, de modo que indica que V es consecuencia de I .

Por otra parte, el análisis de los diferentes episodios ha permitido observar la diversidad de denominaciones con que el texto se refiere a un mismo elemento del circuito. Primero *pila*, luego *fuerza*, finalmente *fuerza electromotriz*. Sin duda tal diversidad aporta una cuota más de esfuerzo al lector, más aún cuando sin advertencia ninguna presenta expresiones que integran términos sin aclarar cual es su significado. Tal es el caso de *fuerza* y *fuerza electromotriz*, ahora *fuerza electromotriz*.

... Segunda ley de Kirchoff... cuando **la corriente** de un ramal **atraviesa una fuerza electromotriz**, el potencial aumenta, ya que **la carga absorbe** energía de la fuente. En cambio, **cuando la corriente debe pasar por un aparato que consume energía**, el potencial disminuye, ya que **la carga cede energía** al aparato...Esta ley explicita el principio de conservación de la energía en los circuitos eléctricos (pp.221).

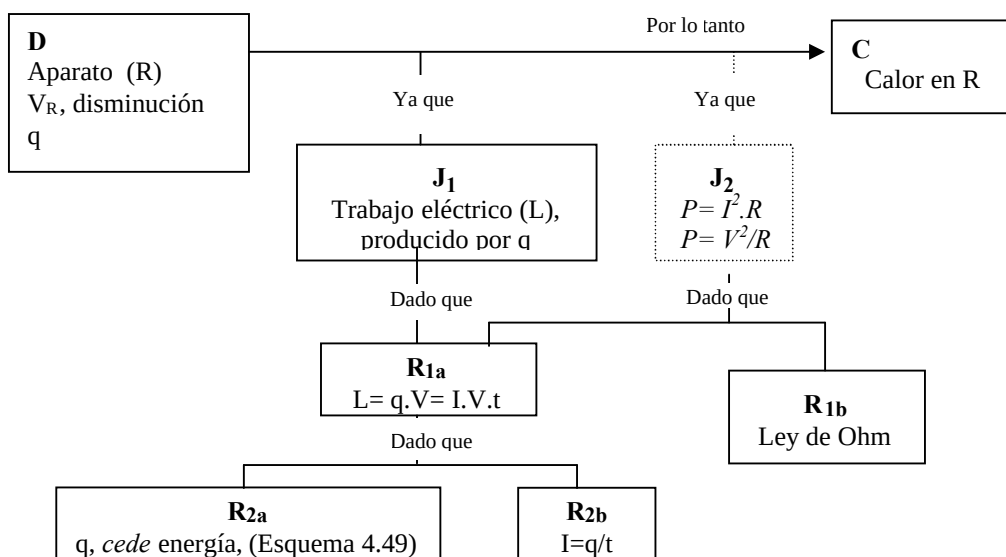


Esquema 4.49: Vinculación de Ley de Kirchoff - ideas de intercambio energético en circuito, texto EP

El razonamiento causal evidenciado entre la intensidad de corriente eléctrica y la variación de la diferencia de potencial, continúa al considerar la carga como causa del trabajo eléctrico y éste como causa de la transformación energética en una resistencia en forma de calor. Estas relaciones causales conducen a la formulación de la potencia eléctrica P , que luego la expresa en función de R recurriendo a la estrategia, ya observada en la mayoría de los textos analizados, de reemplazar V e I por aplicación de la ley de Ohm.

... si la carga se mueve de mayor a menor potencial, será esa misma carga la que produzca trabajo...El trabajo de la carga se apreciará como movimiento, calor u otra manifestación energética. Si $q = I \cdot t$; $L = q \cdot V = I \cdot t \cdot V$; ... potencia eléctrica $P = L/t = I \cdot V$; Si se conoce la resistencia R del circuito y $I = V/R$ o $V = R \cdot I$, reemplazando $P = I^2 \cdot R$ y $P = V^2/R$ (pp.222).

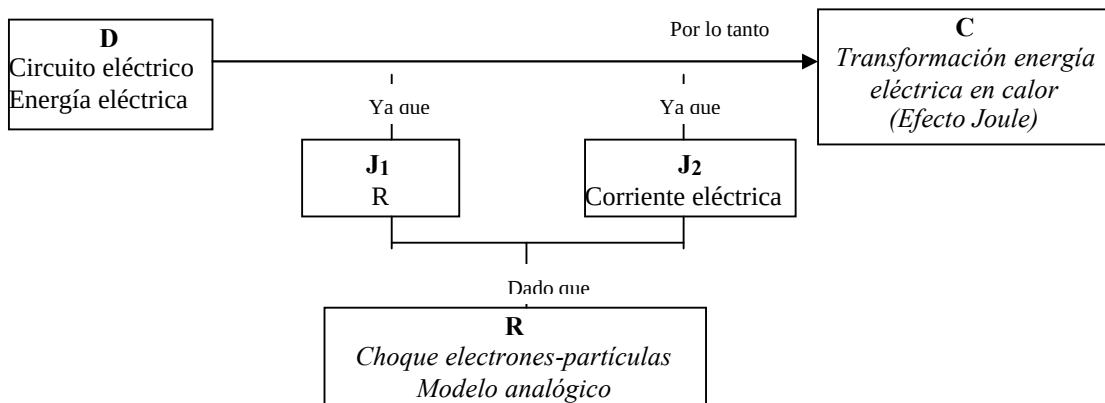
En el siguiente Esquema 4.50, pone de manifiesto la presencia de la potencia eléctrica en la construcción argumentativa del fenómeno. Como se ha observado que su tratamiento matemático no garantiza la conexión conceptual con la manifestación energética que denomina calor, se incorpora P dentro de un marco con línea de puntos. El esquema muestra la transformación del discurso en el que aparecen leyes de la electricidad, pero que se utilizan sobre el sustento de un modelo de corriente no justamente académico.



Esquema 4.50: Calor en R, como manifestación energética de trabajo producido por la carga. Mención de potencia eléctrica, texto EP

La secuencia de episodios muestra que en la construcción del argumento se mezcla conocimiento alternativo y leyes de la electricidad. Una mirada global a los esquemas elaborados pone de manifiesto que, aunque la justificación de uno pase a ser respaldo en otro o viceversa, la justificación del fenómeno comienza y termina con la idea alternativa sobre el intercambio energético, localizado en partes del circuito que suministran, ceden o consumen energía. El tratamiento de las leyes de la electricidad parece corresponder más al cumplimiento formal de contenidos del currículo oficial, que de aprenderlos como conocimiento útil. En definitiva, se utilizan como respaldando las ideas alternativas. A continuación se presenta el Esquema 4.51, integrador de los episodios recientemente analizados.

argumentativos de inicio. El modelo analógico cinético molecular cumple el papel de respaldo del argumento sobre el fenómeno, excluyente de las leyes de electricidad que se trataron en el apartado.

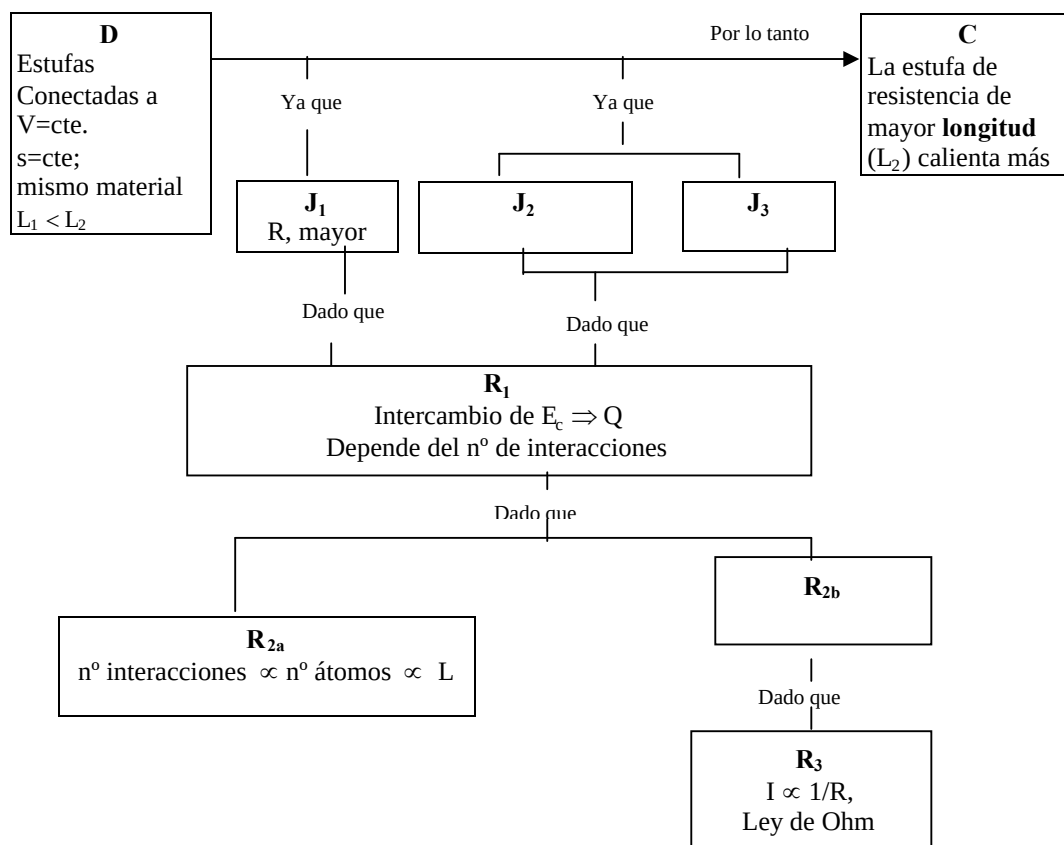


Esquema 4.52: Argumentación sobre intercambio energético en resistencia eléctrica, basado en modelo de choque entre partículas, texto EP

Se destaca la complejidad que representa analizar este texto que alterna conocimientos científicos con alternativos. Si a esto se suma el razonamiento recursivo que se inicia y finaliza sobre la base de un modelo analógico, lo convierte en un texto de difícil comprensión. Por tal razón ha representado un arduo trabajo el estudio de cada episodio y más aún lo es el apartado completo, que se pretende confrontar con los esquemas referenciales.

Se considera que el discurso del apartado es inadecuado desde el punto de vista conceptual. No es extraño que el texto no garantice el aprendizaje deseable a un joven lector, tanto de conocimiento académico como de un patrón argumentativo correcto sobre el fenómeno, mediante el enunciado de formulaciones académicas en lenguaje matemático.

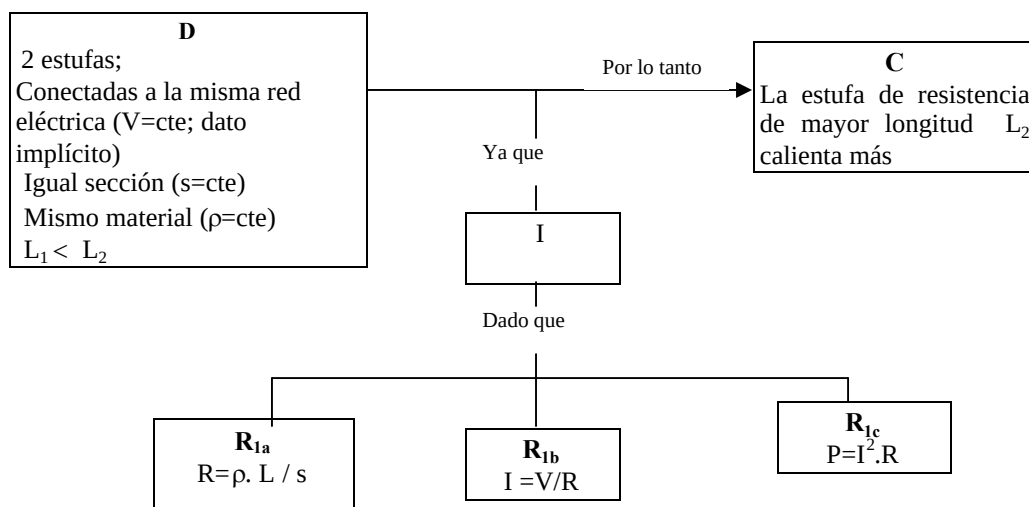
Integrar en un único esquema argumentativo el conocimiento utilizado por el texto, para compararlo con los esquemas referenciales del investigador, implica afrontar un esfuerzo aún mayor que aquel realizado en el caso de los libros de nivel de EGB3, puesto que, como se ha visto, este texto de Polimodal utiliza un discurso mixto con conocimiento académico y analógico, y además presenta un patrón de secuencia recursiva entre modelo analógico, leyes de electricidad y de nuevo modelo analógico. Se presenta a continuación en el Esquema 4.53, la comparación con el referencial basado en el modelo analógico.



Esquema 4.53: Comparación del argumento del libro de texto EP con el referencial basado en un modelo analógico

En Esquema anterior se evidencia, como ocurriera en otros textos anteriormente analizados, que el no considerar I como variable implica no tener en cuenta la variación de velocidad de arrastre y, en relación con ello, la distinta energía cinética que participa en el fenómeno en circuitos con R de distinta L .

El Esquema 4.54 muestra la comparación con el referencial basado en las leyes de la electricidad, volviéndose a poner de manifiesto la consideración de la constancia de I . Estrategia que conduce a una conclusión alternativa, dado el sesgo en el tratamiento de un sistema donde el argumento debió considerar la presencia de dos variables - I y R - y el cambio circuito que implica el cambio de R . Todo ello aún cuando estén presentes en el discurso del apartado las leyes de electricidad necesarias para argumentar correctamente.



Esquema 4.54: Comparación del argumento del libro de texto EP con el referencial elaborado a partir de las leyes de la electricidad

Se ha puesto de manifiesto que este texto de nivel Polimodal -a pesar de tratar leyes de electricidad, ley de Ohm y potencia eléctrica, e introducir nuevos conceptos para el tratamiento del fenómeno, tal como fuerza electromotriz- no aporta elementos significativos que se activen para superar el patrón argumentativo construido sobre saberes previos a los específicos del Polimodal.

Además, no surge evidencia evolución respecto a la capacidad de argumentar evaluando más de una variable, mediante la aplicación de una visión sistémica de circuitos eléctricos, siendo éstas competencias fundamentales y que debería aportar el estudio de circuitos al ciudadano, desde el punto de vista de alfabetización científica.

4.2.b.7. Episodios de la construcción argumentativa del libro SP

Este texto SP, a igual que el texto EP recientemente analizado, también forma parte de los seleccionados por el Ministerio de Educación de la Nación como material de consulta para su envío a Bibliotecas de los centros educativos oficiales, siendo ampliamente recomendado por el profesorado para las consultas de los estudiantes.

Resulta interesante encontrar que el capítulo de circuitos eléctricos se inicia señalando el cumplimiento de los principios de conservación de la carga y de la energía, lo que denota un enfoque desde el punto de vista energético. A partir de

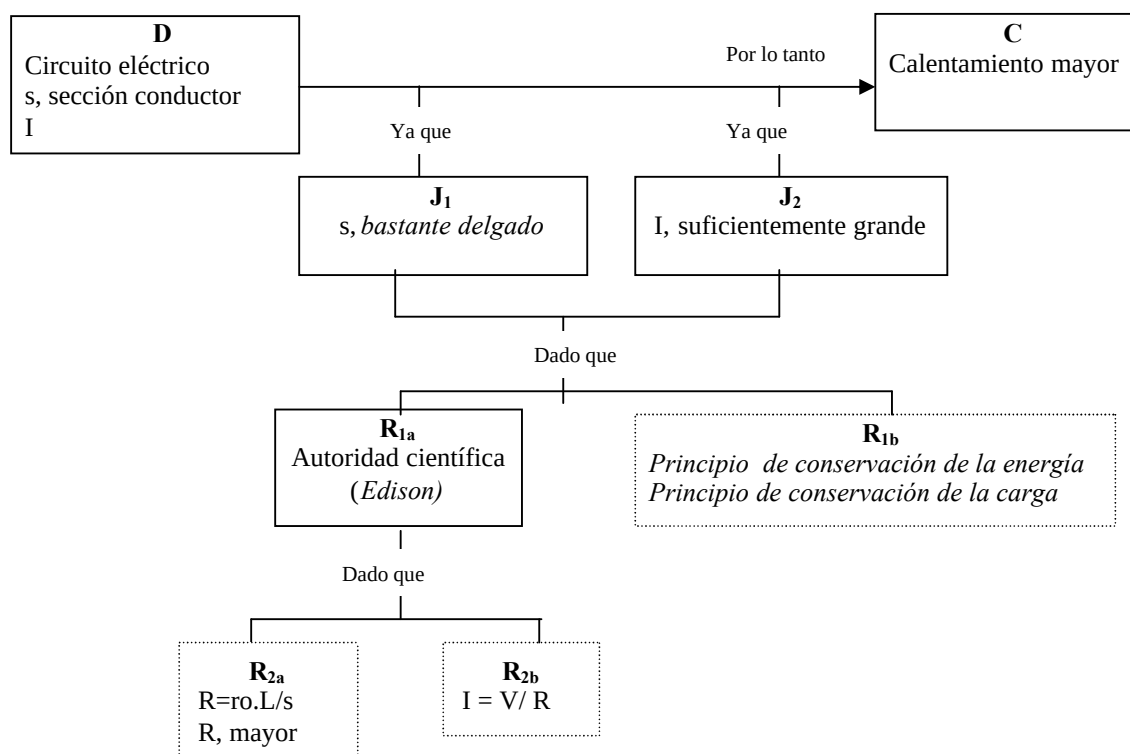
ello podría suponerse que el tratamiento del fenómeno será coherente con este posicionamiento.

*...las leyes que gobiernan los circuitos eléctricos son aplicaciones directas de **los principios de conservación de la carga y la energía** (pp. 214).*

Para nuestra investigación resulta relevante encontrar que el texto señala como problemática de interés para la investigación en el campo de la física, justamente la cuestión de la transformación de la energía eléctrica en una resistencia. Cita a Edison como de autoridad científica y explicita un razonamiento científico que, desde una visión sistémica del circuito, pondera simultáneamente las variables I y R .

..Edison se propuso investigar cómo se podía aprovechar el calentamiento que se producía en los alambres al pasar una corriente. Si la corriente es suficientemente grande y el alambre lo bastante delgado-razonaba Edison- el alambre se calentará hasta ponerse incandescente (pp.215).

Pero este episodio queda como mención meramente anecdótica, dejando pasar la oportunidad, salvo intención expresa de algún docente, de dar operatividad a las leyes que vinculan dichas variables con el respaldo de los principios de conservación indicados. Razón para que incorporemos dichas leyes, en el siguiente Esquema 4.55, dentro de un cuadro con línea de puntos.



Esquema 4.55: Referencia a razonamiento de Edison sobre el fenómeno ponderando R e I como variables, texto SP

Se ha visto que el currículo indica el estudio de circuitos desde un punto de vista energético. Aquí, el texto utiliza la estrategia discursiva de hacer referencia al *campo eléctrico*. Parece revelarse una concepción superadora del enfoque mecanicista sobre el proceso de transferencia de energía, encontrado en textos analizados en apartados anteriores.

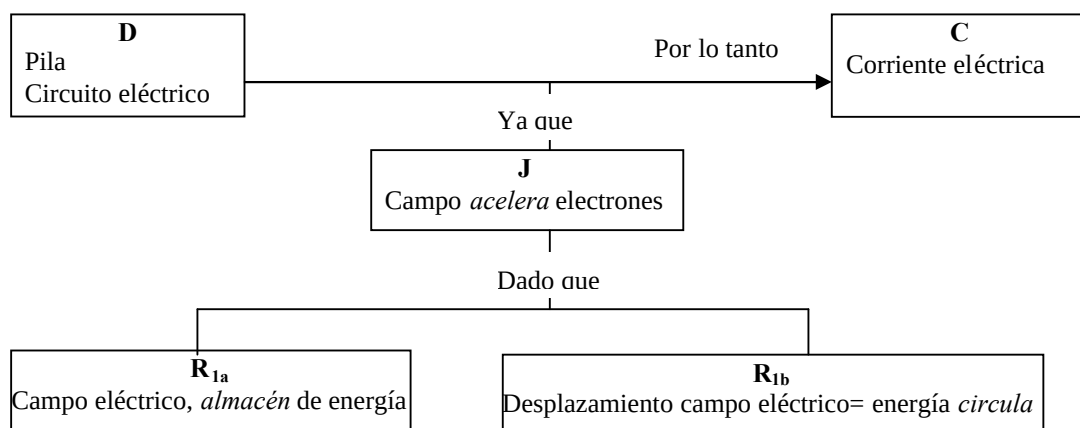
Sin embargo desde la investigación educativa Solbes y Tarín (1998) advierten sobre la dificultad de construcción y comprensión del concepto de campo eléctrico, señalando que es habitual que libros destinados a estudiantes españoles de la misma franja de edad no introduzcan la energía de los campos como un *nuevo proceso de transferencia de energía*. El texto pierde la oportunidad de aportar un correcto enfoque energético sobre el fenómeno, ya que sostiene la idea de campo eléctrico como *almacén* de energía eléctrica y, en lugar de transferencia de energía, se refiere a su *circulación*, lo que podría vincularse con el posible origen de la idea de corriente eléctrica como energía.

*Al conectar la pila, se establece en el interior del cable un campo eléctrico. El **campo eléctrico se desplaza** por el circuito con una rapidez cercana a la de la luz en el vacío, mientras los electrones lo hacen con una rapidez menor...**Un campo eléctrico en un punto del espacio tiene almacenada una cantidad de energía. Es decir que por el cable circula la energía almacenada en el campo eléctrico** (pp.222).*

Los autores recientemente citados, señalan que según la teoría electromagnética la variación de la energía de los campos se relaciona con el *trabajo* que los mismos realizan sobre las cargas eléctricas. Sin embargo, el texto analizado no menciona trabajo o proceso de transferencia de energía, supliéndolos con la vinculación causal entre campo y aceleración de cargas. Es significativo el enunciado en que hace coincidir la dirección de la aceleración con la dimensión longitudinal del conductor, en vez de la dirección del campo. Sin duda esta proposición que parece de sencilla comprensión, esconde una complejidad no expuesta sobre la cuestión de transferencia de energía.

***El campo acelera a los electrones en la dirección del conductor...** (pp.222)*

En Esquema 5.46, se representa la argumentación que hace el texto en estos primeros episodios del tema.

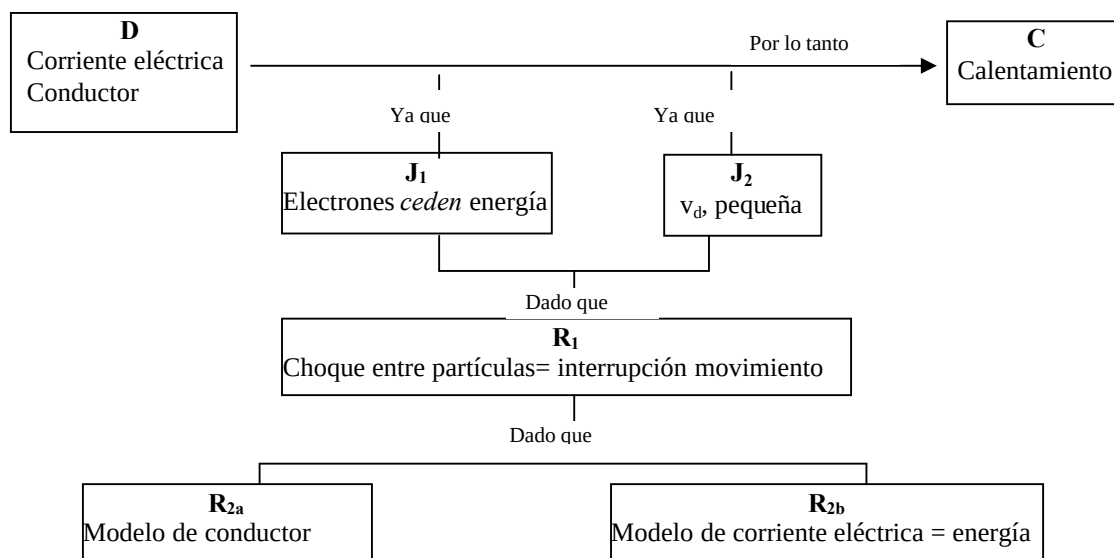


Esquema 4.56: Relación campo eléctrico-corriente eléctrica, texto SP

El campo eléctrico visto como almacén de energía que se desplaza y que hace circular energía, se toma como causa del movimiento de las cargas convirtiéndolo en indicio de energía, que luego se transfiere por procesos de choques. La expresión interrupción de movimiento, cuyo significado queda a libre interpretación, se utiliza como una razón del calentamiento de los conductores. En función de tal interrupción cuantifica como pequeña la velocidad de avance de los electrones. ¿Significará que mayor interrupción de movimiento, menor velocidad de arrastre (v_d), mayor calentamiento? Razonamiento que deja sin contemplar el otro aspecto a tener en cuenta, y básico para resolver el problema: mayor velocidad de arrastre, mayor número de interacciones, mayor calentamiento. En relación con la manera de argumentar de la fuente de consulta que se representa en Esquema 4.57, ¿podrán los estudiantes relacionar el fenómeno de calentamiento con la velocidad de arrastre?

...los portadores de carga chocan con los iones de la red y le ceden parte de su energía. Este movimiento interrumpido provoca que la velocidad de avance de los electrones sea muy pequeña. Y es también la razón por la que los cables se calientan cuando circula corriente por ellos durante cierto tiempo (pp.222).

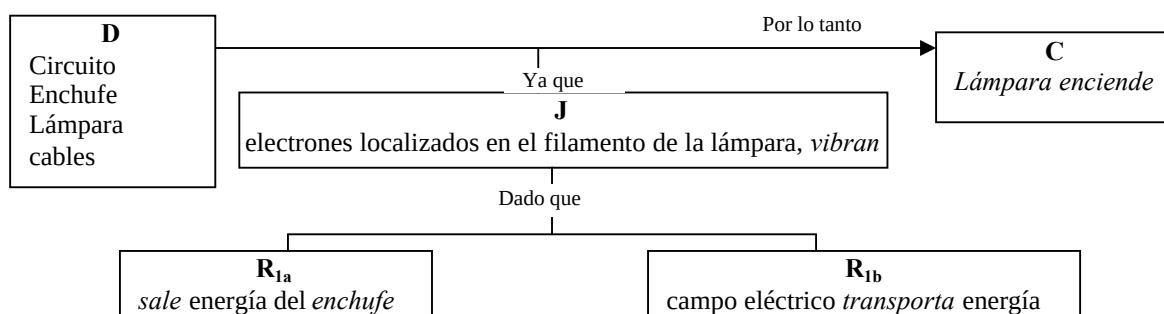
Se ha visto que el texto explicita un razonamiento sobre la problemática del encendido de una lámpara, que se elabora a partir de las leyes de electricidad, bajo cita de autoridad en referencia a Edison. A pesar de ello, el tratamiento dado por el texto recurre al modelo analógico.



Esquema 4.57: Intercambio energético entre electrones y red, basado en choque entre partículas, texto SP

El enunciado da la idea que la energía *sale* del *enchufe* y que éste es la causa del establecimiento de un campo eléctrico transportador de energía que hace *vibrar* electrones, representa un retroceso de nivel argumentativo. De nuevo se pierde la oportunidad de considerar la variación de I para la justificación del fenómeno. En definitiva el mensaje establecido sostiene que la energía viaja mediante electrones localizados en el filamento de la lámpara, a continuación se citan los fenómenos de calentamiento y de emisión de luz, pero de la transformación de energía eléctrica nada se explicita. Elaboración argumentativa que se representa en Esquema 4.58.

...cuando encendemos una lámpara, **el enchufe permite que se establezca un campo eléctrico en el cable**. (podríamos decir que **del enchufe sale energía**, no electrones). **El campo eléctrico transporta la energía que hace vibrar a los electrones** que están en el filamento de la lamparita...la compañía de electricidad nos vende la energía necesaria para mover a los electrones que se encuentran en los cables y aparatos. (pp.222)



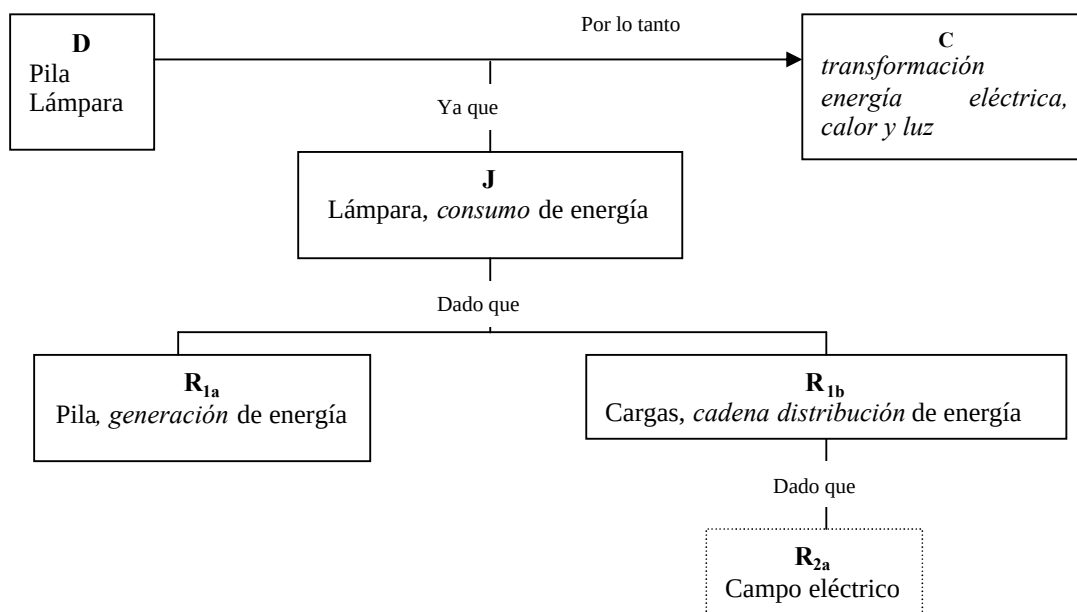
Esquema 4.58: Argumento construido sobre lenguaje cotidiano y concepto de campo eléctrico, texto SP

A medida que avanza el discurso del texto sobre el proceso de transferencia de energía, continua *degradando* su calidad académica. De indicar que el campo eléctrico *transporta* energía, pasa a considerar que la energía *fluye* y que las cargas eléctricas la *toman* y transfieren en partes localizadas del circuito. Episodio que pone en evidencia concepciones de la energía epistemológicamente superadas, tales como energía que *fluye*, *generación* y *consumo* de energía. De modo que la referencia a campo eléctrico, en medio de un discurso alternativo sobre energía, difícilmente aporte a la comprensión del fenómeno.

... Pero cómo fluye esta energía?... los electrones toman energía de la pila y la transfieren al filamento, a través del campo eléctrico. El filamento transforma esta energía eléctrica en calor y energía radiante. Dicho de otro modo: la lamparita “consume” la energía que “genera” la pila y “se pone incandescente”. (pp.223).

Parece que intentara aclarar la complejidad de lo expresado, recurriendo a mezclar concepciones alternativas con conceptos prescriptos por el currículo del nivel. Pero, la aclaración deteriora aún más el tratamiento escolar del fenómeno, ya que recurre a una analogía extremadamente alejada de lo académicamente deseable. En esta, define la energía como *mercadería*, las cargas como *cadenas de distribución* y la lámpara eléctrica como *centro de consumo*. En Esquema 4.59 se representa este punto de vista alternativo.

...las cargas no son más que cadenas de distribución de la energía: toman la mercadería de la fábrica y la trasladan hacia el centro de consumo (pp.223).



Esquema 4.59: Punto de vista energético alternativo sobre la transformación de energía, texto SP

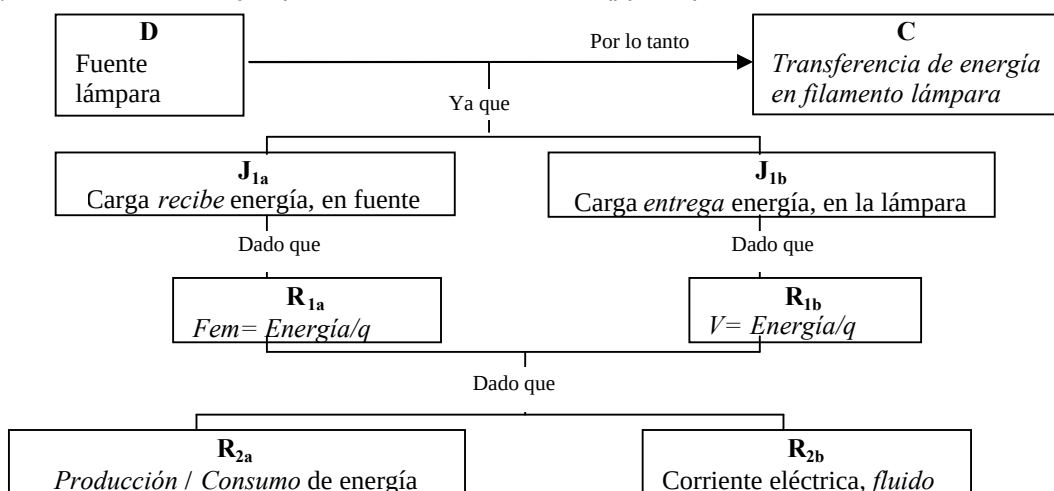
Al cuantificar la transferencia de energía en el filamento de la lámpara, el texto remite a la cuantificación del suministro de energía, en relación con ello define fuerza electromotriz *fem*, para luego indicar que es lo mismo que la diferencia de potencial en los bornes de la fuente. Justamente lo que Guisasola y cols. (2005) advierten que no debería confundirse.

Da a entender que la carga, en determinado lugar y momento (cuando atraviesa la fuente) recibe energía y luego, en otro determinado lugar y momento (cuando fluye por el filamento) entrega energía, apareciendo un razonamiento local, secuencial y construido sobre la concepción alternativa de corriente eléctrica como un fluido portador de energía.

La cantidad de energía que suministra una fuente a cada unidad de carga que la atraviesa recibe el nombre de fuerza electromotriz...La fem no es más que la diferencia de potencial que hay entre los bornes de la fuente...La diferencia de potencial que hay entre los extremos de la lamparita representa la energía transferida al filamento por unidad de carga que fluye a través de él... $E=V.q$ (pp.223).

El currículo oficial propicia el enfoque energético del estudio de circuitos eléctricos, en esa línea parece estar el tratamiento dado por el texto. Pero la aseveración respecto a elementos *productores* o *consumidores* de energía aleja el correcto abordaje desde el punto de vista energético. Más aún habiendo visto que confunde *fem* y diferencia de potencial en la fuente, ahora pretende distinguirlos según se trate de bornes de elementos productores o consumidores. Se representa en Esquema 4.60.

...la diferencia de potencial que proporcionan los terminales de las fuentes de voltaje, que son las productoras de energía, hablamos directamente de la fem de la fuente... la diferencia de potencial que hay aplicada en los terminales de una componente de un circuito (son consumidores de energía) hablamos del voltaje aplicado entre los extremos (pp.223).



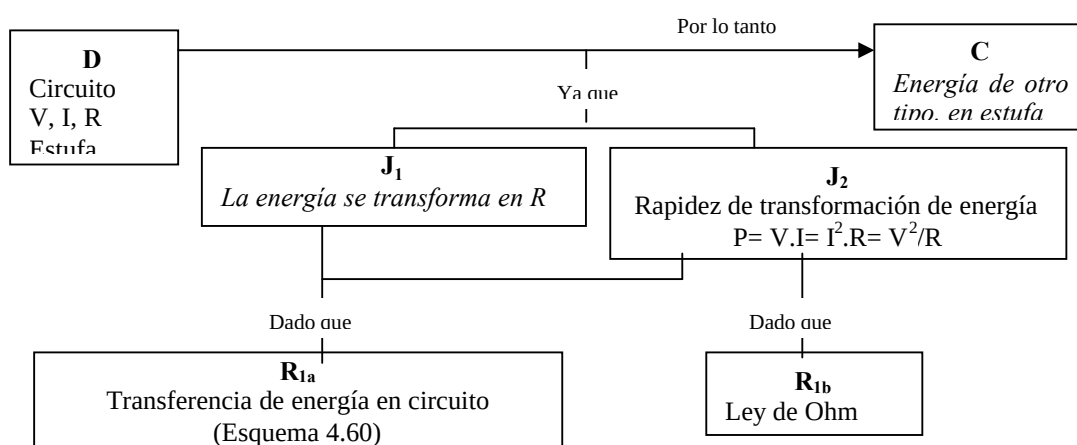
Esquema 4.60: Transferencia de energía en filamento de lámpara

El discurso sobre el proceso de transferencia de energía se estructura utilizando modelos de corriente eléctrica asociados a fluido y energía, vinculado con confusos conceptos de *fem* y diferencia de potencial, en relación causal con cierta capacidad de la carga eléctrica de portar y transferir energía.

Lo analizado muestra qué poco se sabe sobre *cómo* se transfiere la energía en un circuito eléctrico. Sin embargo en el episodio siguiente se afirma que sí se sabe, a partir de ello cuantifica la rapidez de transformación energética en un componente de circuito que considera *consumidor*, por ejemplo la estufa, mediante la formulación de potencia eléctrica, P . Inicialmente, P se expresa en función de V e I pero, tal como ocurre en otros textos, realiza sustituciones que hacen aparecer R y desaparecer alguna de las variables citadas. El Esquema 4.61 muestra la construcción argumentativa de este episodio del discurso.

La referencia a la estufa eléctrica, ejemplo utilizado prácticamente por la totalidad de los textos de la muestra investigada, vuelve a mostrar la relevancia del problema auténtico elegido para nuestra investigación.

Ahora que **sabemos cómo se transfiere la energía en un circuito...** la rapidez con un componente transforma la energía eléctrica en otro tipo de energía (ej: **estufa**), llamada potencia eléctrica, depende de la corriente que circula por él y del voltaje aplicado en sus extremos.. Estas magnitudes están relacionadas por la ley de Ohm... $P=V.I=I^2.R=V^2/R$ (pp.224).



Esquema 4.61: Transferencia de energía en circuito eléctrico

Si ya era desafortunado que el discurso mezcle, con igualdad de status, leyes con ideas alternativas, qué decir respecto a que se cierre el tratamiento de la transformación de energía eléctrica con la analogía de un sistema de calefacción hidráulico. Resulta tan inconveniente esta analogía, que su

transcripción completa dará oportunidad de evaluar el retroceso que implica imaginar el circuito eléctrico en dichos términos.

Si se compara este episodio con los anteriores se observa que esta forma de pensar el circuito eléctrico, estuvo presente aún en episodios donde se formularon definiciones y leyes que se enseñan en Polimodal.

Como se comportan los circuitos electrónicos?...Los sistemas de calefacción central constan de radiadores por los que circula agua caliente gracias a una bomba...El flujo de agua depende de la presión que es capaz de ejercer la bomba, ...y de la resistencia que opongan al paso del fluido. En un circuito eléctrico, el flujo de cargas se comporta de la misma manera...la corriente eléctrica depende de la fem, de la cantidad de componentes que haya en el circuito, de cómo están distribuidos los componentes y de la resistencia que opongan al paso de las cargas... (pp.225).

Si bien el texto advierte sobre limitaciones de la analogía, no es suficiente para significar la diferencia existente entre el circuito eléctrico y la analogía hidráulica. Quizás por ello, aclara, que es el campo eléctrico el que transporta la energía y no las cargas, como parecía desprenderse de argumentaciones previas. Aclaración tardía para intentar revertir el discurso instalado, más cuando continúa mezclando conceptos de distinta calidad epistemológica, tal como son *modelo de campo* y el *modelo de fluido*, de modo que el campo eléctrico es utilizado como refuerzo del modelo de corriente eléctrica como fluido.

...las limitaciones de la analogía flujo de agua y flujo de cargas...

- ✓ *Si cortamos la tubería el agua sigue circulando desde la bomba hasta donde se abrió la tubería, y se derrama vs. si cortamos el cable el flujo de cargas se detiene*
- ✓ *Las canillas son interruptores de fluido se deben abrir para que circule el agua vs. el interruptor del circuito eléctrico debe cerrarse para que circule la corriente*
- ✓ *En el caso de los radiadores el agua transporta la energía en forma de calor vs. en circuito eléctrico el campo eléctrico transporta la energía y no las cargas. ...es el campo eléctrico el que produce el flujo de cargas, la corriente.*

Los episodios analizados podrían ser suficientes para el tratamiento del fenómeno, sin embargo podría aducirse la presencia de otras leyes y formulaciones académicas. Para no obviar ningún episodio que pudiera aportar conocimiento sobre lo estudiado, se avanza sobre la presentación de las leyes de Kirchoff, que en definitiva remitirían a las leyes de conservación de la carga y de la energía que el texto enunció en el primer episodio.

Pero, lamentablemente, se vuelve a encontrar la degradación que provoca la transposición de estas leyes fundamentales. Véase el enunciado de la primera ley de Kirchoff, sobre conservación de la carga. El lenguaje vulgar de ninguna manera puede reflejar el sentido y significado de la ley.

...las cargas no se apelonan (pp. 226)

Respecto a la segunda ley de Kirchoff sobre la conservación de la energía, *habla*, en el sentido de Lemke (1997), en términos de *absorber y consumir* energía que contrarían a la propia ley que pretende enunciar, además de hacerlo utilizando un razonamiento local y causal. El papel otorgado a las cargas en relación con la energía, impone una idea alternativa sobre causalidad entre la corriente eléctrica y aumento-disminución de la diferencia potencial.

El abordaje dado a leyes fundamentales, en vez de aportar a la evolución de conocimiento académico, muestra el anclaje de las mismas a ideas alternativas que se fortalecen aún más.

...cuando la corriente circula por una rama de un circuito y atraviesa una fuente, el potencial aumenta, ya que las cargas absorben energía de la fuente....al pasar por un dispositivo que consume energía (lamparita) el potencial disminuye debido a que las cargas ceden energía al dispositivo (pp.228).

Por otra parte, la presencia de la ecuación de transporte $I=n.s.v_d.e$ podría suponer un elemento sustantivo para ponderar el papel de la velocidad de arrastre v_d en el argumento basado en el modelo cinético molecular sobre el fenómeno en estudio. Sin embargo lo único que se destaca de v_d es su bajo valor, vinculado a un proceso dependiente del número de colisiones. Se pierde la oportunidad de desarrollar el otro punto de vista, respecto a que mayor valor de v_d posibilita mayor número de colisiones.

Queda explícito que este texto de Polimodal recurre a la combinación del modelo cinético molecular en relación causal con el modelo de campo eléctrico, para dar sostenimiento a la argumentación sobre la transformación de energía en una resistencia. Modelos que se presentan con enfoques que sobresalen por lo no apropiados, por ejemplo, el modelo de campo eléctrico sostenido en la idea que el enchufe permite su existencia, según se ha visto en el Esquema 4.58, oportunamente representado.

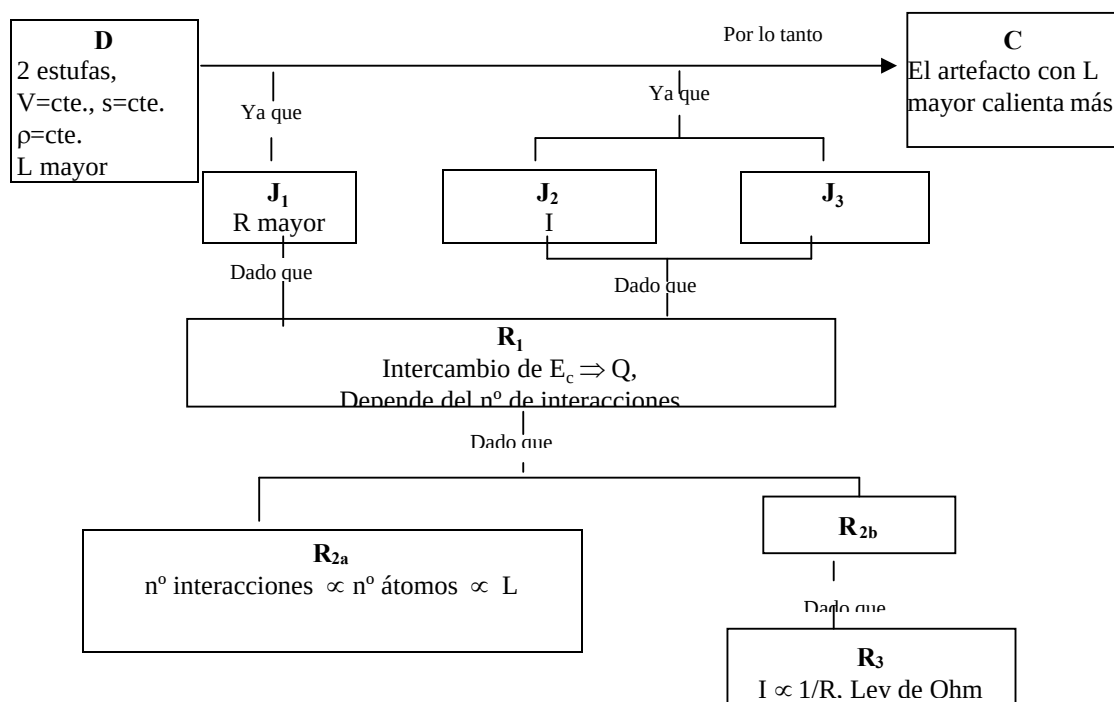
*Al aplicar una diferencia de potencial...los electrones libres son arrastrados por la fuerza eléctrica en esa dirección con una velocidad de arrastre de 10^{-7} m/s...Los electrones se mueven en respuesta al campo eléctrico creado por la fuente...en este proceso **los e colisionan entre sí y con los átomos del metal***

Resultado del análisis de cada uno de los episodios del tratamiento del tema dado por el texto SP, se evidenció la secuencia de patrones y elementos argumentativos. Finalmente se procede a compararlos con los esquemas referenciales, centrando el procedimiento en los contenidos utilizados, más que

en el papel que juegan en el argumento, ya que la secuencia de patrones muestra cierta *recursividad* entre los elementos J, R o C.

Al comparar con el referencial basado en el modelo analógico, se nota la activación de casi la totalidad de los elementos argumentativos presentes en el referencial. Al igual que en el texto EP, se encuentra la no evaluación de I como variable de circuito. Aunque el texto SP sí utiliza en el argumento la velocidad de arrastre v_d , dando relevancia a su bajo valor, elige razonar utilizando el respaldo de las interacciones, que denomina colisiones, y evitando avanzar mediante la relación con la ecuación de transporte I en función de v_d . De haberlo hecho llegaría a que menor v_d implica menor I, justamente lo contrario a la correcta solución del problema.

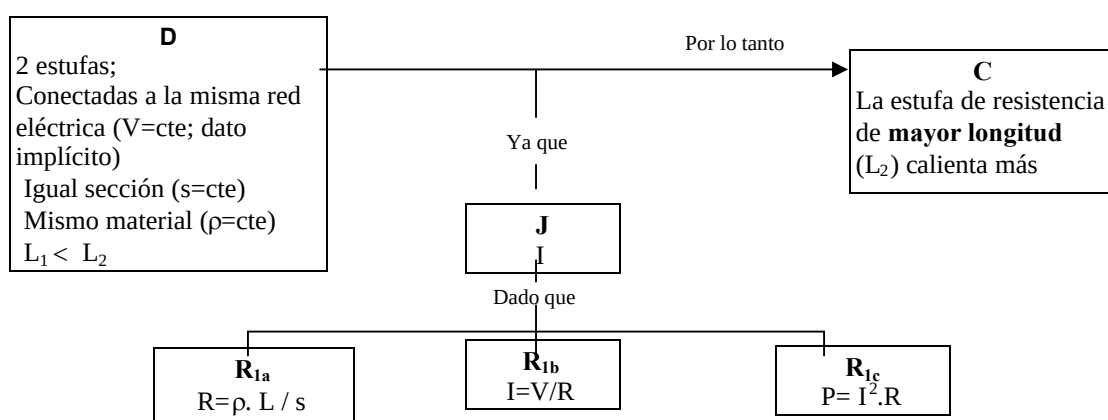
Se observa también la contradicción de v_d menor, que implica energía cinética menor, cuando lo buscado es mayor intercambio de energía cinética en energía térmica. Al evitar la variación de I todo ese razonamiento queda sin manifestarse, reforzando la idea de que la energía cinética de los electrones es menor cuanto mayor sea la longitud de la resistencia y en consecuencia mayor calentamiento se producirá. Cuestión que se representa en el siguiente Esquema 4.62.



Esquema 4.62: Comparación del argumento del libro de texto SP con el referencial basado en un modelo analógico

Estos resultados son de relevancia porque ponen de manifiesto qué sensibles resultan las conclusiones elaboradas en relación con los contenidos y formas de activación de los mismos en el argumento.

Finalmente, se comparan los resultados del análisis de los episodios con el referencial basado en leyes de electricidad. Se encuentra una situación idéntica a la del libro EP, pues aunque se hacen explícitas la totalidad de las leyes del referencial, la no variación de I conlleva a una conclusión no correcta sobre problema auténtico planteado, según se observa en Esquema 4.63.



Esquema 4.63: Comparación del argumento del libro de texto SP con el referencial basado en las leyes de electricidad

Se ha puesto de manifiesto que la expectativa puesta inicialmente sobre este libro, que indicó basar el estudio de circuitos eléctricos en las leyes fundamentales de la conservación de la carga y de la energía, no se satisface. El lenguaje y el patrón argumentativo puesto de manifiesto en el apartado del texto motivo de estudio, muestran que el planteamiento sólo queda en propósito, ya que sostienen y refuerzan ideas alejadas de tales principios de conservación. El *consumo*, el *suministro* de energía y las cargas que no se *apelotonan*, son ejemplo claro de lo alejado que está el tratamiento del tema del nivel académico que correspondería a un texto de nivel Polimodal, más aún recomendado por el Ministerio de Educación.

También ha sido vana la esperanza puesta en el aprovechamiento académico de una problemática cercana a la que plantea el problema auténtico. Si bien el texto muestra que el pensamiento científico se aplica sobre el circuito, visto como un sistema multi-variable, luego en los episodios desarrolla argumentos

que van, mediante activación de analogías o leyes, sesgando variables y reforzando sólo el papel de aquellas centradas en el lugar del circuito donde se produce el fenómeno, en este caso en la resistencia de un artefacto, que además considera consumidor.

El punto de vista energético, que plantea para el estudio, lo aborda mediante la estrategia del concepto de campo eléctrico como causa del movimiento de electrones y, éste, como manifestación de energía. El campo eléctrico tampoco es tratado mediante conocimiento académico deseable, pues en distintos párrafos se le añaden distintas características y funciones relacionadas con la energía. Sumado a esto, para cuantificar la transferencia de energía recurre al concepto de fuerza electromotriz. Desafortunadamente, reitera conceptualizaciones poco apropiadas y superadas desde la epistemología del conocimiento científico, según se indica desde la investigación educativa.

Dada la tendencia continua a plantear analogías del circuito eléctrico con diversos sistemas -hidráulicos, calefacción y distribución de mercaderías- pone de manifiesto que no hay enunciación de leyes que logren superar la idea instalada. Y mucho menos si el tratamiento de las mismas está viciado de dicho discurso alternativo, tal como ocurre con las leyes de Kirchoff o la ecuación de transporte de la corriente eléctrica.

4.2.b.8. Episodios de la construcción argumentativa del libro PP

Se finaliza el estudio de la muestra investigada con el análisis del texto PP, también seleccionado por el Ministerio de Nación como recurso de consulta en bibliotecas escolares.

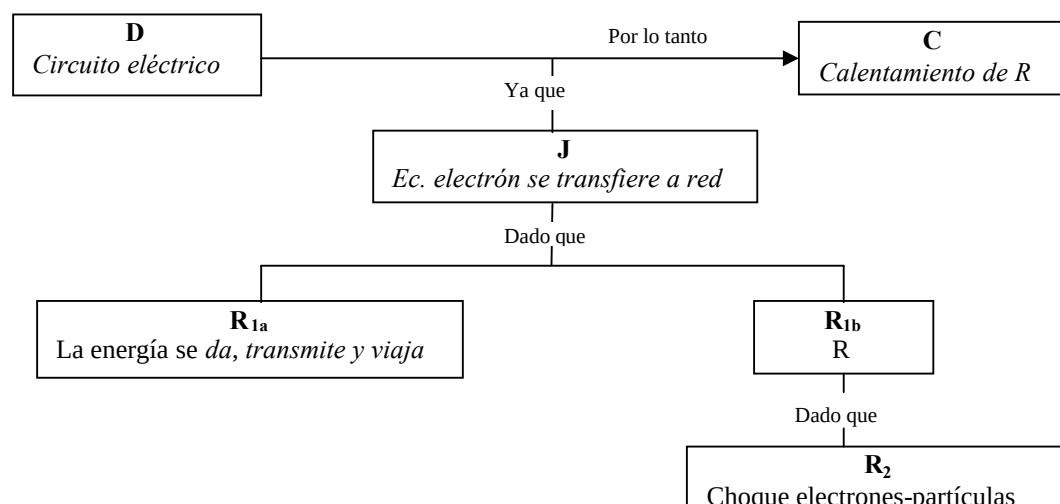
En el capítulo denominado *Electrodinámica*, donde se nota la pretensión de un abordaje desde el punto de vista energético, los títulos de los apartados de este texto resultan significativos por lo alternativos, tales como **DAR ENERGÍA A LOS ELECTRONES PARA SACÁRSELA** (pp.196) y **TRANSITO RESTRINGIDO** (pp.202), para el tratamiento de la transferencia de energía y de la resistencia, respectivamente. En el tratamiento del proceso de transferencia de energía, utiliza un razonamiento secuencial en términos de dar, recibir, transmitir y sacar: la fuente da energía; el electrón recibe energía; el electrón transmite—viaja energía a otro electrón; se saca energía al electrón.

...en todos los circuitos, se transfiere energía a los electrones ...La energía que la fuentes transfiere a las cargas se transmite a través del material...La energía viaja de un electrón a otro (pp.196).

Específicamente, justifica el fenómeno de calentamiento en una resistencia, sobre el concepto de resistencia basado en la idea de choque entre electrones y partículas de la red iónica del conductor.

...En los conductores la resistencia eléctrica se origina en el choque de los electrones con impurezas que presenta la red iónica (196)...La resistencia eléctrica hace que la energía del movimiento de los electrones se transfiera a la red del material lo que produce su calentamiento (pp. 197).

Estos primeros episodios sobre la transferencia energética en un circuito, brindan elementos que permiten elaborar el Esquema 4.64.



Esquema 4.64: Transferencia de energía y fenómeno de calentamiento en circuito eléctrico, texto PP

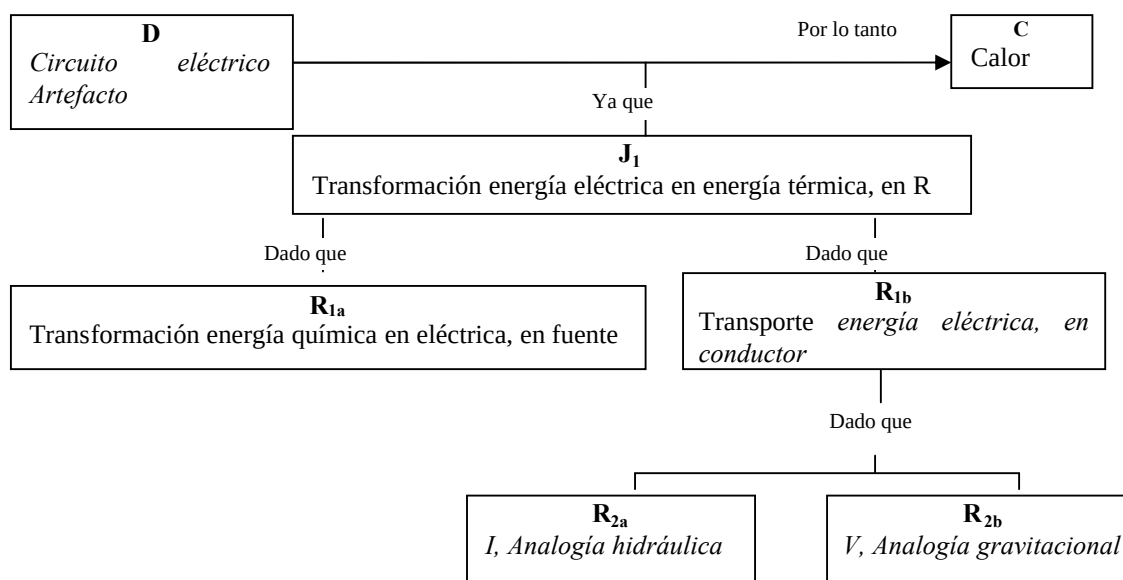
El texto considera que los aparatos eléctricos son sinónimo de resistencia, señalando su papel de transformar energía. Se pregunta sobre cómo es el fenómeno de transferencia, que metafóricamente denomina *mecanismo de transmisión*, pero queda sin respuesta académica. Quizás requeriría del concepto de campo eléctrico, ya que utiliza la estrategia de enunciar someramente los tipos de energía -química, eléctrica, lumínica y térmica- localizadas en distintos elementos del circuito. Se manifiesta así la estrategia discursiva que hace que el fenómeno de transformación pase a plantearse como transferencia. Finaliza tratando una secuencia de tipos de energía.

...los artefactos eléctricos transforman la energía eléctrica en otros tipos de energía...Cómo es el mecanismo por el cual se transmite la energía eléctrica en ellos?...Fuente: donde alguna forma de

energías se transforma en energía eléctrica...Conductores: transportan la energía...Aparatos eléctricos: en ellos la energía eléctrica se transforma en otro tipo de energía, por ejemplo luz y calor en una lamparita, se les da el nombre genérico de resistencia (pp. 198).

Es interesante encontrar que la metáfora de transporte de energía eléctrica, asignada a los conductores, la relaciona con las ideas de corriente eléctrica, como fluido, y de diferencia de potencial, que explica mediante analogías, la gravitatoria y la del circuito hidráulico. De manera que la transferencia de energía eléctrica se plantea sobre bases analógicas, según se observa en Esquema 4.65.

*... los electrones libres del conductor adquieren energía suministrada por la fuente, que les permite desplazarse, ese desplazamiento o **flujo** de cargas eléctricas es la corriente eléctrica (pp. 198).
... para que circule una corriente eléctrica en un conductor es necesario que haya una diferencia de potencial eléctrico entre sus extremos, de manera similar al desnivel que debe haber en una **cañería** para que el **agua** circule por ella (pp.199).*



Esquema 4.65: Transformación de energía eléctrica en un artefacto eléctrico, en texto PP

Luego del tratamiento de la transformación de energía, respaldado sobre modelos analógicos, llega el momento de cuantificar el fenómeno. Recurre a la estrategia de transcribir verbalmente la definición de fuerza electromotriz pero, de modo poco ajustado científicamente, dando lugar a interpretar la fem como sinónimo de energía entregada.

Reduce el papel de la *fem* al cuantificar la transformación de energía en una resistencia, lo hace a través de un simple reemplazo -*fem* por V- sin mediar distinción conceptual.

Se recuerda lo señalado por la investigación educativa, respecto a la importancia a no confundir *fem* con V. Confusión que en otros textos de nivel

Polimodal, se ponía en evidencia mediante explícita declaración. En el caso de este texto, la ausencia de explicación verbal de las fórmulas tomadas como equivalentes, deja el trabajo de diferenciación al estudiante que difícilmente se lo planteará, salvo intervención intencional de un profesorado advertido sobre la situación.

...La energía entregada por la fuente a una carga de valor 1 C que la atraviesa se llama fuerza electromotriz $fem=E/q$ (pp.199).

...La energía entregada por la fuente se transforma en otro tipo de energía, $E=q.\Delta V...E=I.\Delta V.\Delta t$ (pp.206).

Formulada la transformación de energía en términos de V e I, como los otros textos analizados, utilizando la Ley de Ohm, transforma la expresión en función de R e I. Llama la atención la mención de la ley física fundamental simultáneamente con la idea alternativa de que la energía es *consumida* en la resistencia de artefactos específicos de calentamiento, calentadores o planchas, caracterizados por su *resistencia muy alta* en relación causal con la transformación de *gran cantidad de energía*.

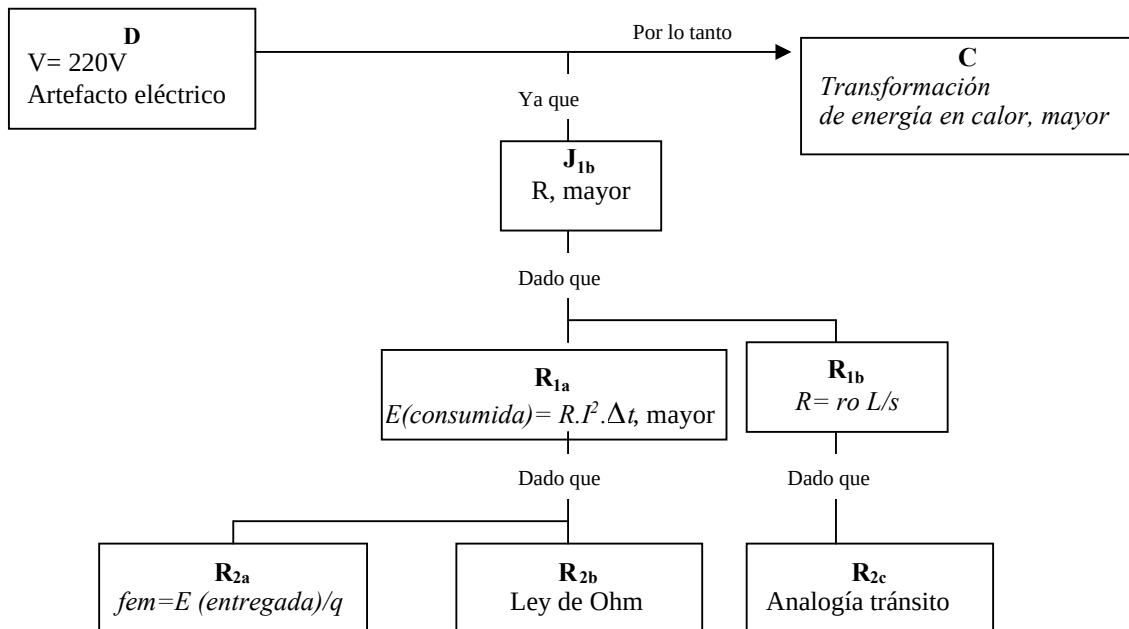
Resulta relevante que la formulación matemática esté en función de R e I, mientras que verbalmente utiliza R *alta* y V constante, ya que es de común conocimiento que 220V es una constante de la red eléctrica domiciliaria.

Sin embargo si la fórmula estuviera en función de R y V, surgiría la contradicción entre R *muy alta* y *transformación de gran cantidad de energía*. Sin duda, el lenguaje y la estructura del discurso encubren esta contradicción. Mientras que I, por un lado cumpliría el papel de constante en la formulación y por otro está ausente en el enunciado verbal.

*...Según ley de Ohm se puede calcular la energía consumida por una resistencia R, $E=R.I^2.\Delta t$
...Esta expresión permite calcular la energía transformada mediante el efecto Joule... transformación de la energía eléctrica en calor en una resistencia. Este efecto explica el funcionamiento de los calentadores eléctricos o de una plancha, ya que tienen un valor de resistencia muy alto que al conectarlos a 220V transforman gran cantidad de energía eléctrica en calor (pp.206).*

Se manifiesta en el argumento el papel relevante de R -que el texto conceptualiza por analogía con tránsito restringido- como oposición al paso de corriente eléctrica y definido en función de sus dimensiones, entre ellas la longitud. Relacionando el contenido de este episodio con episodios previos, se manifiesta el razonamiento L mayor, R mayor, transformación de energía mayor. Se representa este análisis en Esquema 4.66.

...Tránsito restringido...los artefactos eléctricos y los conductores oponen cierta resistencia al paso de la corriente eléctrica..La resistencia depende de su geometría (longitud y sección), del material con el que esté hecha (resistividad) y de la temperatura (pp.202).

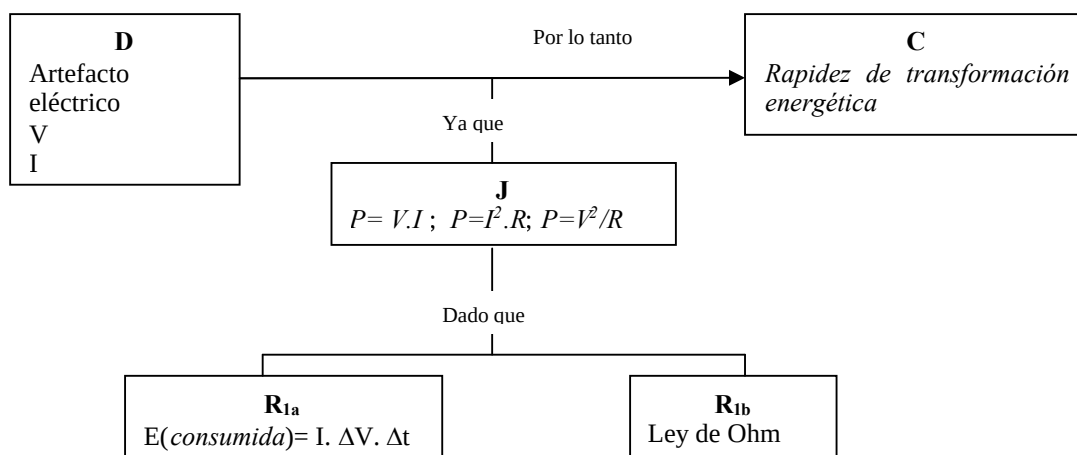


Esquema 4.66: Transformación de energía eléctrica en un artefacto en texto PP, respaldada en leyes

Establecido el sesgo argumentativo que sostiene que mayor resistencia implica mayor transformación de energía eléctrica en calor, en un esfuerzo por vincular el saber escolar con la vida cotidiana, proporciona la información que permite conocer cuánta energía consumen los artefactos electrodomésticos. Sitúa la respuesta en la potencia eléctrica, conceptualizada como la rapidez de transformación y definida en función de V e I, mediante sustituciones utilizando la Ley de Ohm.

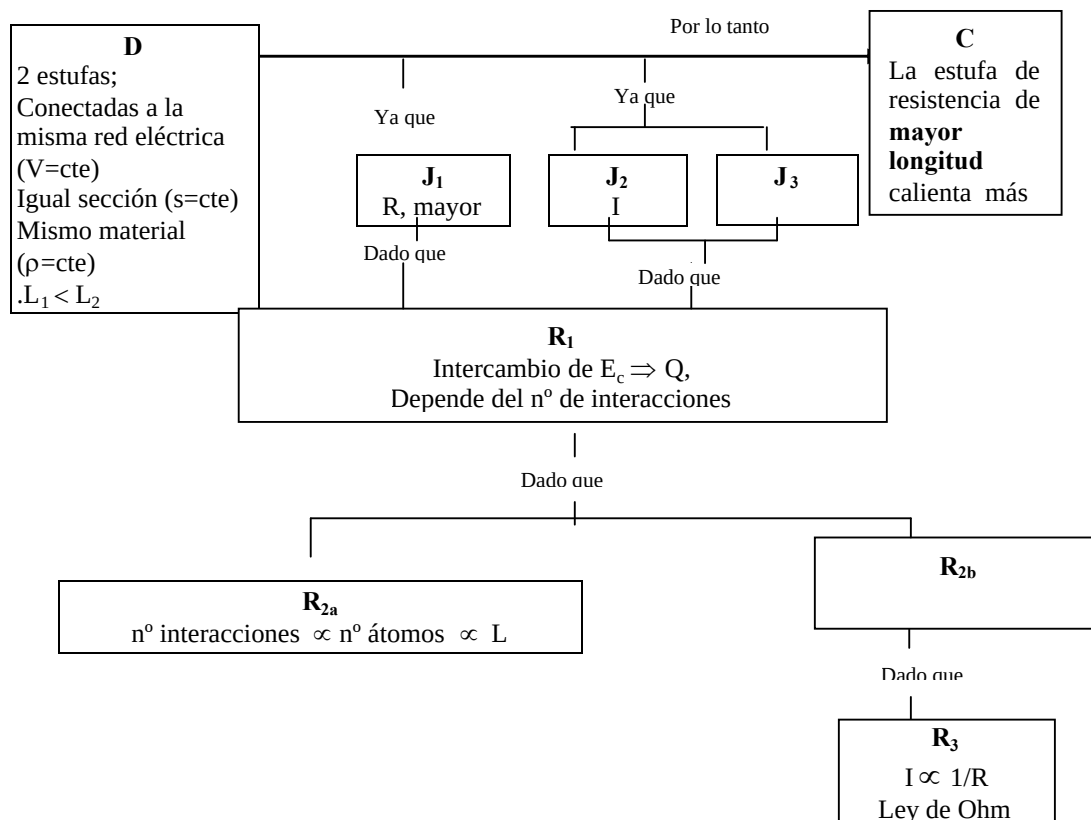
Sin duda, una vez más, se pierde la oportunidad de analizar el papel de V e I en la transformación energética. El estudiante que consulta el texto, sigue contando solamente con el discurso previo que vincula con R la cantidad de energía transformada. Se representa el análisis del episodio en Esquema 4.67.

La potencia eléctrica es la rapidez con que la energía eléctrica se transforma en otra forma de energía: energía por unidad de tiempo, $P=V.I$ $P=I^2.R$ $P=V^2/R$...Todos los artefactos eléctricos de una casa tienen indicada su potencia. Esto permite saber la cantidad de **energía que consumirán** al conectarlos durante cierto tiempo (pp.206)



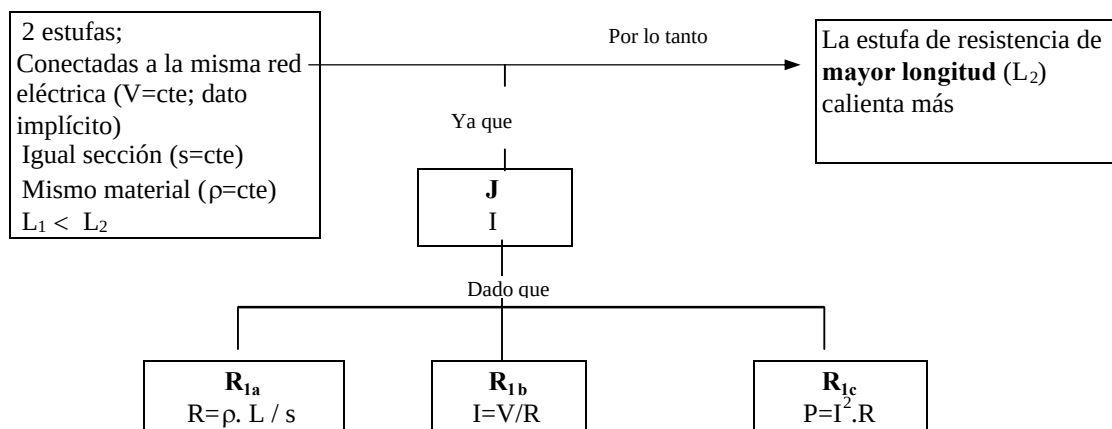
Esquema 4.67: Rapidez de transformación de energía eléctrica en un artefacto, en texto PP

La comparación entre los resultados del análisis de episodios del texto PP con los referenciales de investigación, permiten elaborar los esquemas argumentativos representativos del tratamiento que aplica el texto al fenómeno motivo de estudio. En primer lugar el resultado de confrontar con el referencial basado en el modelo analógico, representado en el siguiente Esquema 4.68.



Esquema 4.68: Comparación del argumento del libro de texto PP con el referencial basado en un modelo analógico

A continuación en la comparación con el referencial basado en las leyes de la electricidad, se vuelve a presentar una situación idéntica a los otros libros de nivel Polimodal: aunque se citan las leyes necesarias para construir una correcta conclusión, ésta no se logra dado que I se supone constante. Queda representado en Esquema 4.68.



Esquema 4.69: Comparación del argumento del libro de texto PP con el referencial basado en las leyes de electricidad

Los resultados del análisis del texto PP han puesto en evidencia la presencia tanto de argumentos basados en analogías como en las leyes de la electricidad.

El enfoque del tratamiento desde el punto de vista energético del fenómeno está presente en forma continuada en el discurso. Pero ello no significa un tratamiento adecuado mediante un conocimiento académico deseable, ya que el mismo lenguaje denota ideas contradictorias con el mismo principio de conservación de la energía que se supone sería el fundamento del tratamiento.

Aparece un tratamiento confuso de los procesos de transformación y transferencia, no sólo entre sí, sino también con procesos de consumo, entrega, transmisión, tránsito, entre otros.

La aparición de leyes o la introducción de conceptos nuevos, tal como *fem*, cumplen el papel de explicitar formulaciones matemáticas donde aparece la energía. De este modo, sin distinción conceptual, se intercambian los papeles de la fuerza electromotriz y de la diferencia de potencial, como si fueran equivalentes y cuya aplicación sólo fuera cuestión del lugar del circuito donde se aplique.

El fenómeno de transformación es invocado en distintas oportunidades, pero en ninguna se profundiza sobre el fenómeno mismo de la transformación.

El apartado conduce, a través de los diferentes episodios, a destacar que una mayor resistencia es causa de una mayor transformación de energía en una resistencia. Basa tal aseveración no sólo en el modelo de conductor, sino también en la analogía hidráulica para la corriente eléctrica y en la gravitacional para la diferencia de potencial, y utiliza ejemplos de la vida cotidiana para el tránsito de los electrones en la resistencia.

Leyes e ideas alternativas de nuevo se mezclan en el discurso. No es de extrañar que, luego de la lectura del apartado, los estudiantes elaborasen un patrón argumentativo que, a la hora de resolver el problema auténtico, les condujese a una conclusión alternativa.

4.2.b.9. Conclusiones del perfil argumentativo de Textos de ESP, editados durante la Reforma

Visto el resultado del análisis de los tres textos de Polimodal de 15 a 17 años que integran la muestra, se concluye que suman las leyes de electricidad a formas de pensamiento analógico epistemológicamente superadas. Si bien la formulación de leyes o la referencia a conceptos de otro nivel epistemológico, como es campo eléctrico o la fuerza electromotriz, podrían ser elementos operativos para un argumento ajustado a la situación auténtica planteada, se encuentra que el discurso verbal denota concepciones alternativas sobre dichos conceptos, además de sustentar las leyes en analogías que se mantienen desde los textos de ESB de 12 a 14 años.

Estos textos de ESP, editados durante la Reforma, se caracterizan en general, por intentar traducir el lenguaje científico a un lenguaje más cercano al utilizado por el aprendiz del tema en su vida cotidiana. Lamentablemente este intento deriva en expresiones elaboradas con un lenguaje vulgar y poco apropiado en el contexto académico.

Por otra parte, en general, declaran que abordan el fenómeno desde el punto de vista energético, pero el lenguaje vuelve a denotar la ausencia del respaldo del principio de conservación de la energía. Además, la estrategia discursiva, sea cual sea el camino, en todos los casos considera I constante

mientras hace variar R a valores altos para indicar una mayor transformación de energía. Patrón argumentativo que se ha visto, conduce a una conclusión alternativa para el caso de la resolución de la situación planteada en el problema auténtico utilizado en este estudio. A continuación (Tabla 4.29) se muestra el resultado del contraste de los elementos argumentativos de los Textos de ESP editados bajo la reforma, respecto al patrón argumentativo referencial del modelo analógico.

La siguiente Tabla 4.29 pone de manifiesto los elementos comunes del perfil argumentativo de los textos analizados. La totalidad hace uso parcial de los datos, justifica en base a R mayor, respalda sobre el número de interacciones y conocen que I se relaciona inversamente con R.

Referencial		Libros de Texto ESP, editados durante la Reforma		
		EP	SP	PP
DATOS				
V = constante			Pila, fuente	V=cte
Sección (s) = constante		s, pequeña	s, delgado	
Resistividad (ρ)= constante				
Longitud (L), mayor		L, mayor		
JUSTIFICACION				
R, mayor		R, mayor	R, mayor	R, mayor
I, mayor (corriente eléctrica)			I, grande	I, constante
Velocidad de arrastre, mayor			v_d , menor	
RESPALDO				
Intercambio de energía cinética en calor	Depende del n° de interacciones	Depende del n° de interacciones	Depende del n° de interacciones	Depende del n° de interacciones
	Depende de la Ec. de los electrones			
n° interacciones $\propto$ n° átomos		n° interacciones $\propto$ n° átomos	n° interacciones $\propto$ n° átomos	n° interacciones $\propto$ n° átomos
n° átomos $\propto$ L		n° átomos $\propto$ L	n° átomos $\propto$ L	n° átomos $\propto$ L
Ec de los electrones $\propto 1/L^2$	Velocidad de arrastre $\propto$ I		Ec., menor	
	$I \propto 1/L$	$I \propto 1/L$	$I \propto 1/R$	$I \propto 1/R$

Tabla 4.29: Perfil argumentativo de los libros de texto, basado en modelo analógico, Textos ESP editados durante la Reforma

A su vez, en la Tabla 4.30, se hace lo mismo que para la anterior, pero en relación con el referencial basado en las leyes de la electricidad.

Referencial	Libros de Texto ESP, editados durante la Reforma		
	EP	SP	PP
DATOS			
V = constante	V = constante	V = constante	V = constante
Sección (s) = constante	s, pequeña	s, delgada	
Resistividad (ρ) = constante			
Longitud (L), mayor	L, mayor		
JUSTIFICACION			
I mayor	I, constante	I, constante	I, constante
RESPALDO			
$R = \rho \cdot L / s$	$R = \rho \cdot L / s$	$R = \rho \cdot L / s$	$R = \rho \cdot L / s$
$V = I \cdot R$	$I = V / R$	$I = V / R$	$I = V / R$
P =	$V \cdot I$		
	$I^2 \cdot R$	$I^2 \cdot R$	$I^2 \cdot R$
	V^2 / R		

Tabla 4.30: Perfil argumentativo basado en las leyes de electricidad, en Textos ESP, Editados durante la Reforma

En Tabla 4.30 se pone de manifiesto los aspectos comunes del tratamiento realizado por los textos analizados. La totalidad elabora argumento sobre la consideración de V constante, evalúan cambios de resistencia con variación de sus dimensiones que den por resultado un valor de resistencia mayor. Luego la totalidad razona basándose en las relaciones de R en función de sus dimensiones, la ley de Ohm expresada tal que I se formula como inversa de R. Finalmente la potencia eléctrica se determina utilizando la expresión en función de I-R. Debería haber surgido entonces el razonamiento en función de dos variables interdependientes. Sin embargo en la práctica se ha visto que el razonamiento se plantea sobre una sola variable.

4.3. Conclusiones e implicaciones

Del estudio realizado en el presente capítulo sobre la HT2 en relación con los perfiles argumentativos de los libros de texto de la muestra investigada, se derivan las siguientes conclusiones.

4.3.1 Sobre el tratamiento del fenómeno

El fenómeno es un contenido tratado en los libros de texto de ESB y ESP y la *estufa* es el ejemplo más frecuente en la literatura escolar. En primer lugar se investiga el discurso desde un punto de vista analógico y en un segundo momento desde la perspectiva de las leyes de la electricidad, donde se destaca la expresión de la resistencia en función de sus dimensiones.

A pesar que el fenómeno se presenta como un efecto de la corriente eléctrica, la relación que se destaca es de tipo causal con la resistencia. Además hemos de señalar que el discurso narrativo y la aplicación de la Ley de Joule evitan la complejidad de razonar simultáneamente sobre dos variables, I y R , que son inversamente proporcionales entre sí.

En la bibliografía de ESB y ESP editada durante la Reforma, el uso de las analogías está presente en la explicación del fenómeno y se utilizan como estrategia para dar mayor significatividad a conceptos claves tales como diferencia de potencial, corriente eléctrica y resistencia, entre otros. Llama la atención la tendencia a un mayor uso del lenguaje alejado del académico, así como a recurrir a analogías sobre cuestiones cotidianas.

El discurso que sobre el fenómeno expresan los libros de texto se construye suponiendo que R es elevada y, mediante esta variable, se elabora un razonamiento local poniendo de manifiesto que R es un obstáculo que frena los electrones y que en ella es donde se *pierde* energía. Básicamente se considera la resistencia como la causa de que la energía transportada por las cargas eléctricas se transforme en calor, mediante un proceso de interacción por choques entre diferentes tipo de partículas.

Esa energía *perdida*, en definitiva, es la energía cinética asociada al movimiento de los electrones. El hecho de que exista una mayor pérdida de energía cinética se asocia a la existencia de un mayor número de choques entre partículas, que se supone mayor cuanta más larga es la resistencia.

Es notable que el fenómeno se argumente sobre el concepto de corriente eléctrica sin avanzar hacia el concepto de intensidad de corriente. Como consecuencia no se posibilita el considerar intensidades de corriente, diferentes y, asociado a ello, no se consideran las posibles diferencias de velocidad de las partículas en movimiento, que podría llevar a razonar sobre transformaciones de energía cinética distintas.

En textos ESP el enfoque es sobre todo matemático, haciendo su aparición la diferencia de potencial como variable en la fórmula inicial de donde se deduce la Ley de Joule. O bien por la estrategia de cantidad de calor o por la de potencia eléctrica, siempre se llega y se enfatiza la expresión en función de I y R , que al ser verbalizada sigue evidenciando el mismo problema de razonamiento con más

de una variable. El problema de razonar con dos variables interdependientes, los textos la resuelven centrando el discurso en solo una variable, de modo que la otra, en el caso estudiado, la I desaparece del discurso explícito, quedando de alguna manera en un papel de constante. Cuestión, que cambia radicalmente la situación, no distinguiendo que se trata de sistemas diferentes y acota la cuestión a comparar potencia eléctrica entre dos resistencias por donde circula igual intensidad de corriente. Enfoque que aleja del tratamiento que requiere el problema auténtico que se utiliza en la investigación.

4.3.2 Sobre el perfil argumentativo de la construcción de los conceptos claves y leyes que explican el fenómeno

Ciertos episodios ponen en evidencia la existencia de *concepciones alternativas* sobre corriente eléctrica, transformación de energía, resistencia eléctrica, potencia eléctrica y diferencia de potencial, entre otras. Éstas no son motivo de estudio en esta investigación puesto que el énfasis de la misma se pone en identificar líneas de razonamiento y argumentación, además de que ya existen numerosos estudios sobre este tipo de ideas. Asimismo, las concepciones son identificables con algunas de las que ya han sido motivo de tratamiento en la literatura sobre investigación educativa, entre los que se señala los estudios sobre electrocinética de Pontes y De Pro (2001), así como aquellas que se citan de Pozo y Crespo (1998) al inicio del análisis del discurso de conceptos claves y leyes en apartado 4.1.2. Sin duda estas concepciones están presentes e impactan en el perfil argumentativo que los textos construyen sobre el fenómeno.

Por otra parte, el discurso de los textos, pone en evidencia cuestiones de dificultades comunes a aquellas señaladas por Pozo y Crespo para los estudiantes, entre ellas la causalidad lineal, la no comprensión de conservaciones no observables, la utilización de análogos ya superados desde lo científico y problema para manejar la interdependencia entre más de dos variables lo que obstaculiza la comprensión de las leyes cuantitativas de los circuitos eléctricos.

4.3.3 Sobre el perfil argumentativo del fenómeno del problema auténtico

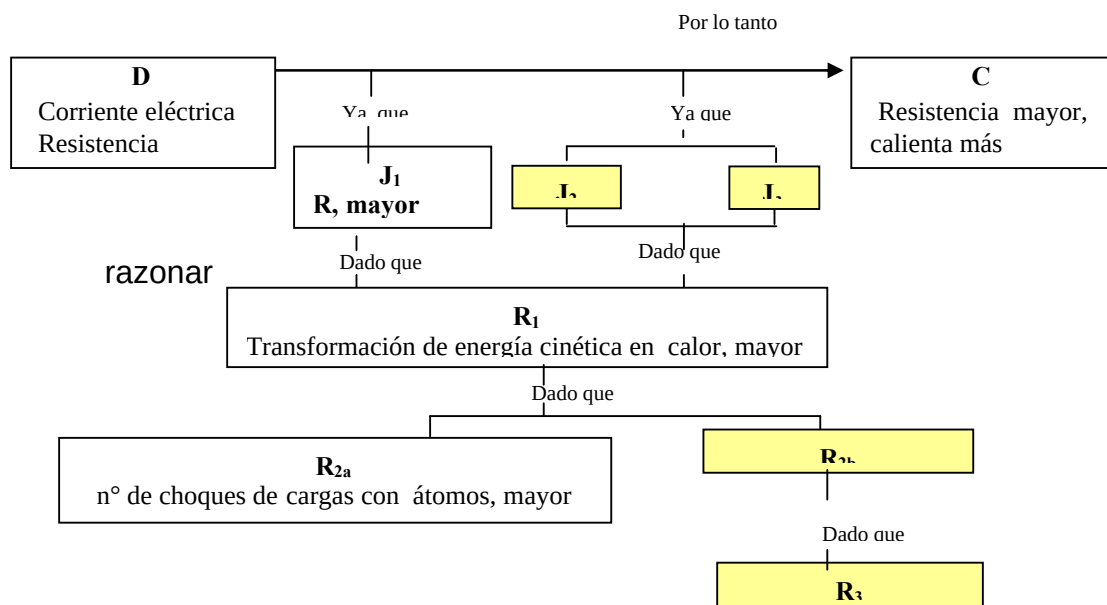
El análisis por *episodios* se ha manifestado de suma utilidad para evidenciar cómo se construyen los argumentos sobre el fenómeno. Se ha visto que prácticamente la totalidad de la bibliografía dispone de los elementos claves que se requiere activar en la argumentación sobre el fenómeno. Sin embargo,

confrontando con los argumentos referenciales la estructura del argumento de los textos no permite establecer el argumento sobre el problema auténtico planteado, ni la interpretación del fenómeno real. Los episodios muestran el enlace entre conceptos y el distinto papel que cumplen como elementos de esquemas argumentativos, siendo habitual que la conclusión de un episodio se utilice como dato de otro, donde justificaciones y respaldos tienen una dinámica que acompaña a la construcción del argumento sobre el fenómeno. El resultado es una estructura argumental construida sobre el sesgo de alguna de las variables que intervienen en el sistema. Se pone en evidencia cuán dependiente es la resolución de problemas auténticos tanto del conocimiento utilizado como de la estructura argumentativa, que en vez abordarse desde la amplitud de incluir todos los factores que intervienen, evidentemente se ajusta en una linealidad que pierde partes sustantivas para la elaboración de la conclusión.

4.3.4 Sobre el Patrón Argumentativo de Toulmin (TAP)

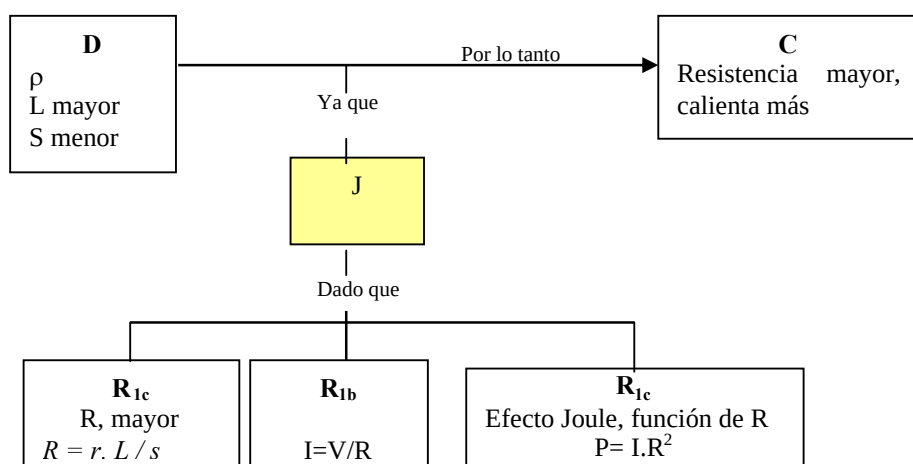
El patrón argumentativo de Toulmin, ha sido de suma utilidad para poner de manifiesto el papel de los elementos claves y, sobre todo, de la forma estructural de construir conclusiones sobre un problema real. De aquel se concluyen y se exponen a continuación los perfiles argumentativos predominantes en los textos destinados a estudiantes de Educación Secundaria. En ellos se visualiza la omisión de elementos claves según el referencial, especialmente el papel de I, que en definitiva es la que se presenta en un principio como causa del fenómeno.

El siguiente Esquema 4.70 pone de manifiesto el perfil argumentativo basado en modelo analógico, de los textos que el profesorado recomienda consulta al alumnado. Se observa que el camino argumentativo que finalmente conduce a una conclusión alternativa, se edifica sobre la justificación que R, respaldada por la idea que la transformación de energía será mayor si el número de interacciones, conceptualizados como choques, es mayor. Queda en evidencia, que las justificaciones de diferenciar I y la velocidad de arrastre, no se activan en el discurso. En consecuencia parte de los respaldos que requerirían de interactivamente sobre dos variables, no tienen lugar.



Esquema 4.70: Perfil argumentativo basado en el modelo analógico predominante en la bibliografía consultada por los estudiantes de Educación Secundaria

El Esquema 4.71 pone en evidencia la operación que realizan de las leyes de electricidad los textos de la muestra investigada, durante el tratamiento del fenómeno de transformación de energía en la resistencia eléctrica.



Esquema 4.71: Perfil argumentativo basado en leyes de electricidad predominante en la bibliografía consultada por los estudiantes de Educación Secundaria

Este Esquema 4.71 pone en evidencia la presencia de la totalidad de las leyes de electricidad en el tratamiento del fenómeno, sin embargo la presencia de

respaldos sin identificar correctamente la justificación que hubiera correspondido, esto es la diferenciación de I , produce un salto lógico que conduce a la misma conclusión alternativa que llega por distintos caminos: que la resistencia mayor, la más larga, calienta más.

4.3.5 Implicaciones para la enseñanza

A pesar de que no se plantean problemas similares al problema auténtico, en general las actividades pretenden relacionarse con la cuestión del *uso racional de la energía*, especialmente aplicada a situaciones que plantean el proceso de intercambio energético desde el punto de vista de *consumo* en artefactos electrodomésticos de uso habitual en la vida cotidiana, donde se destaca la *estufa*.

En relación con ello, proponen la lectura de valores de potencia eléctrica, comparación y relación con la energía y, en menor medida, análisis, descripción y modelización de situaciones. En algunos casos se presentan problemas que utilizan las fórmulas de potencia eléctrica y simultáneamente, la ley de Ohm, especialmente para lograr la expresión $P=I^2 \cdot R$.

Las estrategias de argumentación utilizadas por los textos no resuelvan el problema planteado o no conducen a la interpretación del fenómeno. Esto supone un déficit en la formación de los estudiantes que los consultan, ya que se trata de un conocimiento de utilidad para comprender mejor un mundo de problemas reales donde el conocimiento clave, las leyes y la estructura del discurso aprendido en la ciencia escolar deberían constituir herramientas que luzcan en la resolución de situaciones y toma de decisiones. Especialmente en cuestiones relevantes en el ejercicio de la ciudadanía responsable en tiempos que tanto se destaca -en el contexto de investigación y casi a nivel mundial- la problemática real de la llamada crisis energética. Sin embargo, aún en los casos en que la argumentación construida por los textos en la resolución de los problemas escolares contradice la conclusión del problema auténtico, también podría aprovecharse como oportunidad para confrontar argumentaciones, llamando la atención reflexiva del lector sobre el contenido del texto. Para ello es de mucha utilidad conocer el perfil argumentativo de libro de texto que el profesorado recomienda consultar.

La presencia de contenidos conceptuales no garantiza la resolución eficaz de problemas auténticos. Razonar y construir el discurso sobre problemáticas reales en las que se ponen en juego las transformaciones de energía, no se satisfacen desde la resolución de problemas cuantitativos cerrados o desde definiciones que, en general, se construyen sobre una recursividad donde se define un concepto en función de otro y viceversa, y/o respaldado en analogías.

4.4. Confirmación o no de la Hipótesis de Trabajo 2

Después del análisis de los libros de textos de ESB y ESP, de la muestra investigada, se está en condiciones de confirmar la HT2.

La práctica totalidad de los libros de texto de la muestra investigada no utilizan estrategias de argumentación para la resolución del problema planteado. En aquellos casos que sí lo hacen, los argumentos que se construyen no conducen a la interpretación del fenómeno real.

CAPITULO 5

CONSTRASTE DE LA HIPÓTESIS 3: PERFIL ARGUMENTATIVO DEL PROFESORADO

En el presente capítulo se realiza el proceso de investigación de la Hipótesis de Trabajo 3, que hemos expresado en el Capítulo 1 en los siguientes términos:

La práctica totalidad del profesorado de la muestra investigada no utiliza estrategias de argumentación para la resolución del problema que se les plantea. En aquellos casos que sí lo hacen, las estrategias de argumentación de dicho profesorado contienen argumentos que se elaboran utilizando un conocimiento científico básico alejado del conocimiento científico académico deseable.

El proceso de investigación de la HT3 se organiza de la siguiente manera:

5.1. Se realiza el análisis y discusión de los resultados identificando los episodios del discurso registrado y las argumentaciones del profesorado, en formación inicial y en ejercicio, mientras resuelven en forma individual y en grupo el problema auténtico planteado. Se comparan los resultados con el referencial de investigación.

5.2. Se elaboran las conclusiones respecto a la HT3

5.3. Finalmente se explicita la confirmación o no de la HT3

5.1. Análisis y discusión de resultados del discurso de profesorado

Se recuerda que en el Capítulo 2 se encuentra la caracterización de la muestra investigada (apartado 2.1.3, pp. 64), el texto del *problema auténtico* utilizado para la recogida de información (Cuadro 2.4, pp.81) y el marco referencial que se aplica para el tratamiento de la información (apartado 2.3.2, pp. 88).

Ya se ha indicado que en las investigaciones sobre argumentación se utiliza el esquema de Toulmin (TAP: Toulmin's Argument Pattern) como instrumento para comprender las acciones implicadas en el proceso de enseñanza-aprendizaje de las ciencias. Según Duschl (1995) la dificultad para el uso del TAP como plantilla de pensamiento viene dada por *las interpretaciones que se admiten o aceptan para la consideración o no de cada elemento como dato, justificación, respaldo o conclusión*. La categorización de los elementos del discurso será objeto de investigación.

Consecuentemente, en primer lugar caracterizaremos la estructura del discurso indicando las partes que se distinguen y cómo avanza hacia la toma de decisión.

Posteriormente, a través de un esquema argumentativo basado en Toulmin (1995), analizamos con qué criterios, la muestra investigada, elabora el discurso. El análisis se acompaña con transcripciones de algunas líneas de intervención representativas del discurso. Finalmente se presenta la estructura del argumento elaborado por la muestra investigada, identificando si éste se aleja o no, del referencial basado en las leyes de la electricidad (Esquema 2.3, pp.91) o del referencial basado en un modelo analógico (Esquema 2.4, pp.92), específicamente contruidos por la investigación para el análisis del discurso del profesorado, de la muestra investigada.

Dada la perspectiva social del discurso, la situación aporta información que permite caracterizar el tipo de elementos de la argumentación, las formas de aproximación comunicativa y las operaciones epistémicas, entre otras dimensiones, con que el profesorado co-construye el discurso en interacción en grupo. Dicha información, suma componentes del perfil argumentativo que el TAP no muestra, pero que resultan importantes en un discurso dinámico como es el

que surge de la interacción oral del profesorado entre sí y con el destinatario o la destinataria de sus argumentaciones.

5.1.1. Profesorado en formación inicial

De la aplicación del problema auténtico al profesorado en formación inicial, de la muestra investigada, se obtienen 215 líneas de intervención (Anexo III, apartado III., pp.543), siendo posible identificar diferentes *Episodios* (Ep#1 a Ep#11) (Kelly y Crawford, 1997; Jiménez y López Rodríguez, 2001) en la discusión, que caracterizamos en la Tabla 5.1. Existen tres episodios (Ep#3, Ep#6 y Ep#9) donde el discurso se torna dubitativo y un último (Ep#11), posterior a la emisión de la conclusión final, donde las futuras profesoras continúan hablando sobre el problema y realizan una meta-reflexión sobre lo que implica razonar sobre él.

El discurso se inicia con la lectura del *problema auténtico* y la interpretación del mismo. Las futuras profesoras parecen asumir el problema como real y lo identifican fácilmente.

Episodios	Líneas de Intervención	Aspectos sobresalientes de cada Episodio del Discurso
Ep#1	1-33	Interpretación del problema. Interpretación del término "sección".
Ep#2	34-39	Conclusión intuitiva: <i>comprar la estufa cuya R es de mayor longitud.</i>
Ep#3	40-51	Esfuerzo por recordar fórmulas.
Ep#4	52-73	Justificación a partir del concepto de resistencia.
Ep#5	74-107	Justificación relacionando el movimiento e interacción entre partículas, resistencia, transformación de la energía.
Ep#6	108-115	Esfuerzo por recordar fórmulas.
Ep#7	116-125	Justificación con analogía entre el movimiento de un electrón y el movimiento de una persona en calle larga y congestionada.
Ep#8	126-143	Justificación de la transformación de la energía cinética del electrón en calor.
Ep#9	144-167	Corriente eléctrica como corriente de electrones que no se acumulan. Existencia de choques entre electrones.
Ep#10	168-172	Conclusión final: <i>comprar la estufa cuya R es de mayor longitud.</i>
Ep#11	173-215	Modelo mecánico (<i>choques, roces, pérdida de energía cinética</i>) y Modelo cinético-molecular (<i>movimiento de vibración de los átomos</i>). Meta-reflexión.

Tabla 5.1: Episodios del discurso sobre el problema auténtico, del profesorado en formación inicial

5.1.1.a. Episodios de la co-construcción argumentativa de las futuras profesoras y comparación con el referencial

La pareja de profesorado en formación inicial desarrolla un diálogo interactivo, razonando colaborativamente con el fin de resolver el problema. Al

inicio de esta *co-construcción de argumentos* (Jiménez Aleixandre y Díaz de Bustamante, 2003) ya toman una decisión sobre la cuestión planteada por el *problema auténtico*: resuelven comprar la estufa cuya resistencia es más larga.

34.E: *la gran problemática acá sería, cual va a dar más calor? O cual va a calentar más al ambiente...Yo no sé por qué me da la sensación que **la más larga va a ser la que caliente más.***
¿A vos?

...

36. E: *intuitivamente,...sin aplicar nada físico, por intuición yo diría que **la más larga es la que va a calefaccionar mejor...***

Pese a lo alternativa que resulta la decisión, durante la discusión utilizaron conocimiento académico involucrado en el problema, la construcción del argumento es coherente con los supuestos iniciales, que subyacen durante el discurso. El discurso registrado durante la resolución del problema, pone de manifiesto que operativizar los conocimientos escolares no es fácil y que su aplicación no garantiza la elaboración de una conclusión académicamente correcta.

Buscaremos indicios que ayuden a poner de manifiesto cómo se utilizaron los conocimientos, qué obstáculos surgieron, cómo se estructuró el conocimiento sobre el fenómeno, de modo que sea posible comprender en qué argumentos fundamentan su decisión.

Una dificultad que presenta el problema es que, a diferencia de los problemas de la ciencia escolar, no hace explícitas todas las variables, de modo que aparece la cuestión que reviste suponer $V=cte$ como dato. Parece surgir un *problema didáctico* referido a la falta de oportunidades que se da al profesorado en formación inicial para identificar y relacionar las variables.

La ausencia del dato $V=cte$ obstaculiza el razonamiento en términos de la expresión de potencia eléctrica ($P=V.I$) y de la ley de Ohm ($I=V/R$). Las futuras profesoras no diferencian las distintas intensidades (I), ni consecuentemente la velocidad de arrastre (v_d), ni la energía cinética de los electrones en cada resistencia.

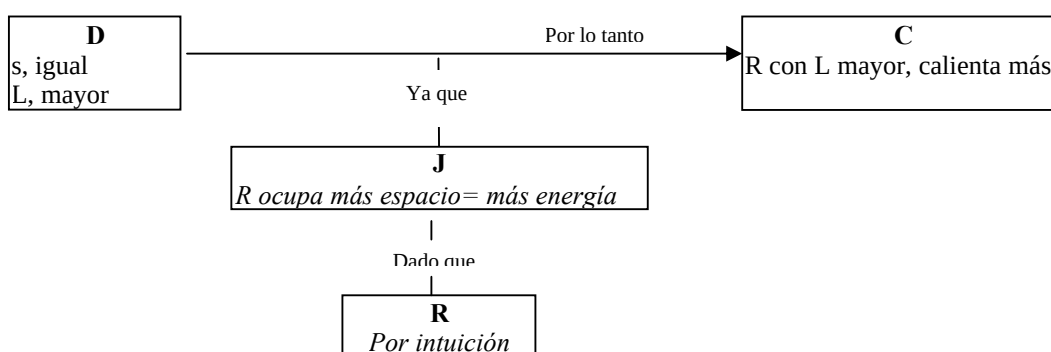
Además, como no se proporcionan datos numéricos, les parece que las anteriores expresiones no son útiles para resolver el problema. Quizás porque las consideren útiles solamente para realizar cálculos numéricos. Se pone de manifiesto el *problema didáctico* relacionado con la falta de práctica para utilizar las leyes de la física en la resolución cualitativa de problemas.

Para una mejor comprensión del proceso del discurso, incorporamos a continuación una breve descripción de cada *episodio* (Ep#n) y un esquema argumentativo representativo del discurso de cada episodio.

- En el episodio Ep#1, se interpreta el término “sección” como si fuera la proyección lateral de una barra conductora. Se significa la expresión 2.S: *igual sección, pero una tiene mayor longitud que la otra* como si se tratara de un rectángulo donde se varía la longitud y la altura, tal que el área sea constante. Debiendo intervenir la docente investigadora para ayudar a superar este obstáculo, aclarando que *el alambre es el mismo y del mismo grosor*.

Entre los episodios Ep#2 y Ep#10, se elaboran los argumentos sobre la cuestión propiamente dicha: *elegir la estufa que calienta más*. Caracterizamos algunos de ellos.

En el episodio Ep#2, se emite la conclusión, 34.E: ***la resistencia más larga calienta más***, fundamentada explícitamente en la intuición. En Esquema 5.1 se representa el argumento de este episodio.



Esquema 5.1: Argumento basado en la intuición, en Ep#2 del profesorado en formación inicial

La intuición, denota la influencia del pensamiento espacial respecto a que mayor espacio ocupado por un elemento, implica mayor energía puesta en juego en la *transferencia*. Quizás esto tenga relación con lo cotidiano, pues los calefactores a gas, de uso común en el contexto de la investigación, generalmente se asocia que los de mayor tamaño calientan más.

Ante la dificultad puesta de manifiesto en EP#3, respecto a operativizar las leyes de la electricidad, adoptan la estrategia de *hablar* desde la ciencia aprendida en la formación de profesorado.

41.S: ¿Qué, hacemos fórmulas?;

42. E: *si, pero nosotras ¿qué podemos decir?*;

43. S: *quizás con una fórmula, podemos llegar a explicarlo con nuestras palabras y no usando la fórmula, ¿entendés?*.

Poniéndose de manifiesto la potencialidad del problema para promover el discurso.

En los siguientes episodios, Ep#4, Ep#5, Ep#7 y Ep#8, se elaboran argumentaciones que parecerían otorgar un tinte científico a la conclusión *por intuición*, expresada en Ep#2.

Para ello, en Ep#4, intentan construir un modelo de conductor a partir del conocimiento sobre el estado metálico, pero lo asocian con átomos muy juntos (elevado número de coordinación), lo que les sugiere que el paso de los electrones “está más impedido” y esto lleva a formar un modelo de conductor donde los electrones *chocan* o *rozan*, lo que produce el calentamiento. Destacamos cómo al operativizar el conocimiento sobre el estado metálico surgen ideas contradictorias respecto a que un metal es un buen conductor, pero a su vez este material impide el paso de los electrones más que otros, lo que significaría que no es tan buen conductor.

63.E: *yo me imagino como que **chocan con los átomos del mismo material**. Porque por ejemplo un metal los átomos están los suficientemente juntos para....por eso el metal me lo imagino como un gran conductor, porque al tener los átomos tan tan juntos, el paso de los electrones está mas impedido que a lo mejor en otro material. A lo mejor la estoy **pifiando** (significa equivocando), pero es la imagen mental que tengo.*

El problema para relacionar el modelo del conductor con el estado metálico hace que el número de *choques*, interpretado desde un modelo analógico (modelo cinético-molecular), que identifican más adelante, constituya el respaldo del concepto de resistencia.

183.S: *según el modelo que nosotros tenemos en mente, ¿no es cierto?*;

184. IDI: *¿Qué modelo tenés en mente?*;

185. S y E: *el modelo cinético-molecular!*.

Se refuerza la idea que, si se trata de conductores de igual naturaleza, cuanto más largo más choques, por lo tanto más calor

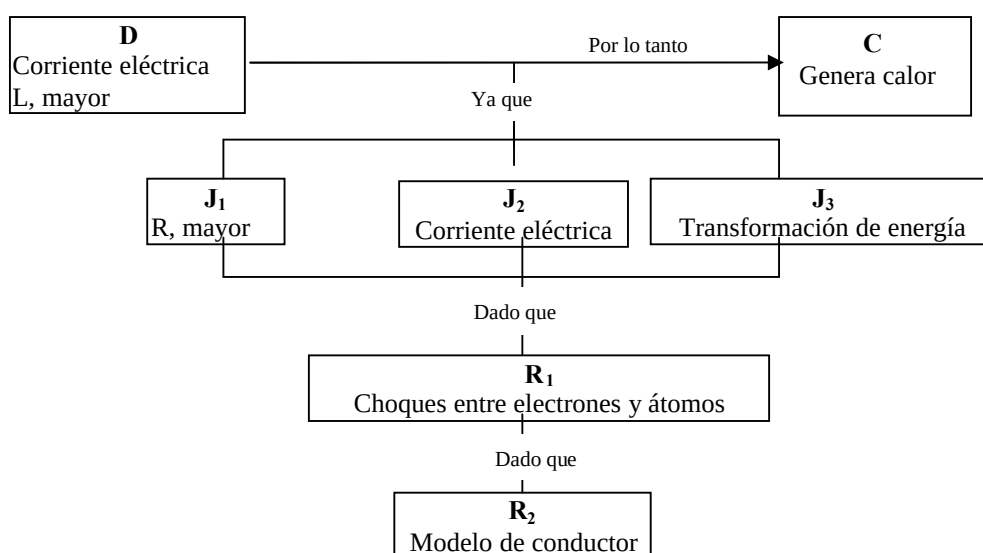
65. E: *bueno esa corriente de electrones está chocando con los átomos del material lo **que produce un calentamiento**, esos choques están relacionados con la resistencia que ofrece el material al paso de la corriente eléctrica, por eso se genera calor.*

Las futuras profesoras evidencian tener conocimiento sobre la transformación de la energía cinética de los electrones, pero parecería que les falta completar el proceso que definen, de intercambio de energía cinética en calor.

70. E: *al chocar hay pérdida de energía cinética. Como la energía no se pierde sino que se transforma, se transforma en otro tipo de energía, todo eso que se perdió como cinética.;*

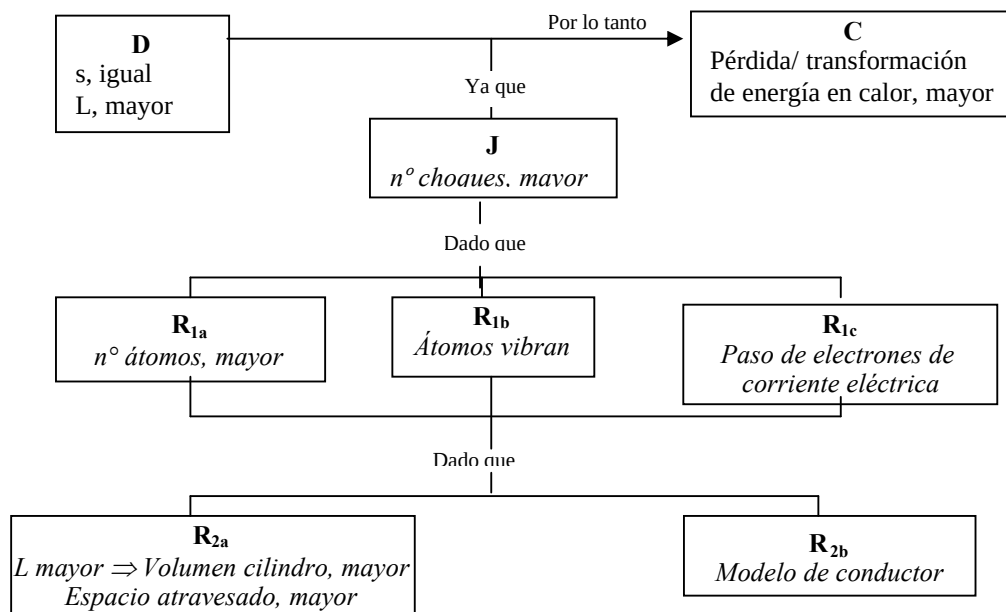
71.S: **la energía cinética se puede transformar en no sé como decirlo... en calor**

A pesar que, como lo muestran más adelante en Ep#11, tienen conocimiento respecto al estado de *vibración* de los restos atómicos. En Esquema 5.2 se representa el argumento analizado.



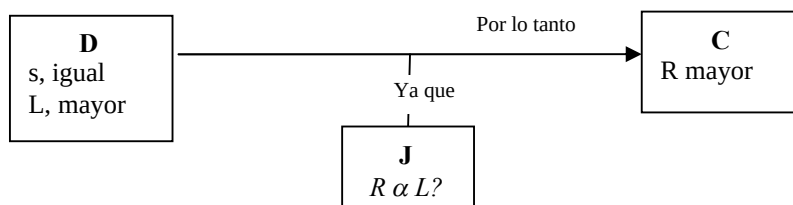
Esquema 5.2: Concepto de resistencia y modelo de conductor como base del argumento de calentamiento, en Ep#4 del profesorado en formación inicial

- En el episodio Ep#5, justifican la transformación de energía cinética en calor, por los choques (92.S y 93.E: *tienen* (los átomos) **movimiento de vibración**; 100.E: **la corriente eléctrica son electrones en movimiento en una dirección determinada. Al atravesar el material esa corriente de electrones sufre choques con los átomos, y ahí viene toda la transformación de energía**; 102.E: *al haber más cantidad de choques hay más pérdida de energía cinética, más transformación de energía a una energía en forma de calor*). El Esquema 5.3 muestra el argumento que subyace en este episodio.



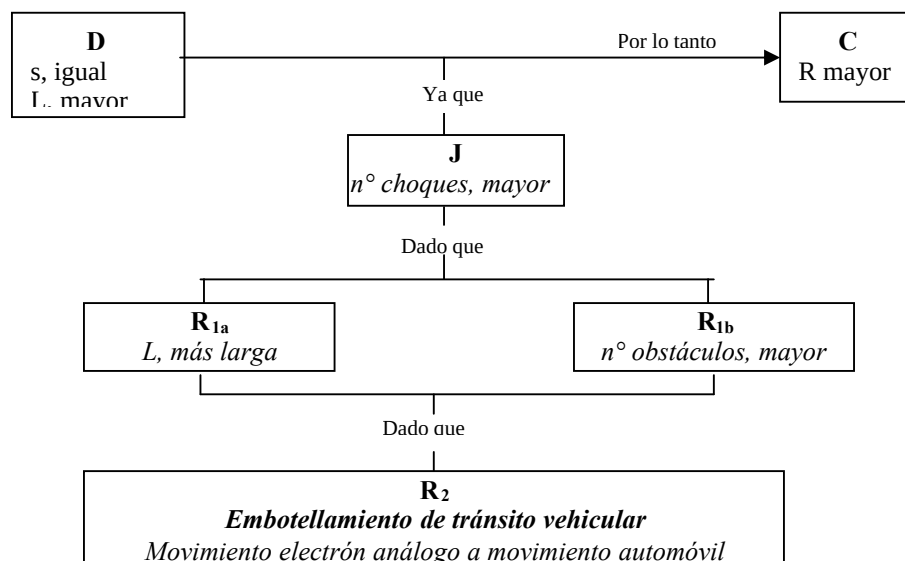
Esquema 5.3: Argumento sobre la mayor transformación de energía, en Ep#5 del profesorado en formación inicial

En el episodio Ep#6, surgen dudas sobre la relación entre longitud y resistencia, tratando de recuperar de la memoria fórmulas aprendidas. El Esquema 5.4, representa el argumento encontrado en este episodio.



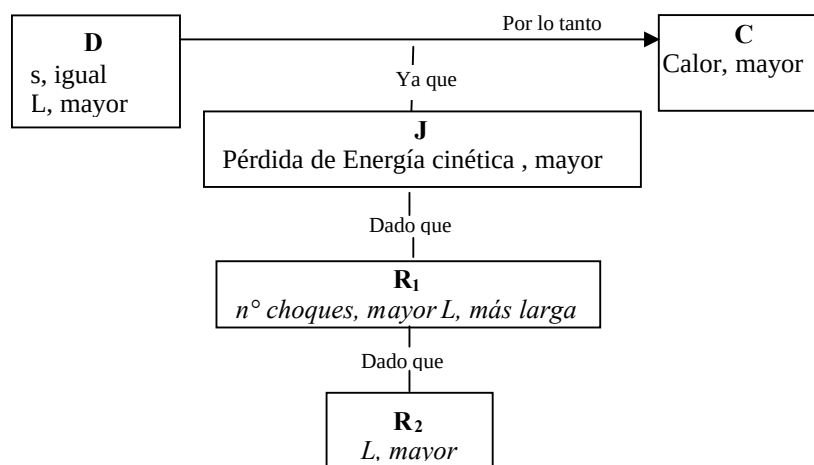
Esquema 5.4: Intento de utilizar fórmula de electricidad para relacionar, en Ep#6 del profesorado en formación inicial

- En el episodio Ep#7, respaldan la resistencia eléctrica con una analogía entre el movimiento de un electrón y el movimiento de un automóvil o peatón al pasar por un *embotellamiento* de tránsito, donde la longitud recorrida se toma como determinante de cuantificación (121.E: *me lo imagino como un embotellamiento, cuanto más larga es la ruta que tenés que cruzar, el embotellamiento*; 122.S: *o una calle que van todos para un lado y vos vas para el otro lado solo*; 123.E: *o sea que cuanto más larga es la calle, más te va a costar terminar de pasar por el embotellamiento*). Argumentación que se representa en el Esquema 5.5.



Esquema 5.5: Relación de R con L basado en analogía cotidiana, en Ep#7 del profesorado en formación inicial

• En el episodio Ep#8, justifican por el mayor número de choques (139. E: *Sí al haber **más longitud**, va haber **mayor cantidad de choques** obviamente, va haber **mayor cantidad de pérdida de energía cinética**; 140. S: *que se va a transformar*, 141. E: *la energía cinética en energía que se manifiesta en forma de calor, y al ser más largo, va haber **mayor calor***). Se representa en Esquema 5.6.*



Esquema 5.6: Relación entre R y L basado en analogía cotidiana, en Ep#8 del profesorado en formación inicial

Continúa el episodio Ep#9, donde el discurso se caracteriza por la emisión de dudas, interrogantes e indecisiones sin que surjan elementos básicos de construcción del argumento. Lo más relevante de esta parte es que introducen una definición de corriente eléctrica (150. E: *...la corriente de electrones es una*

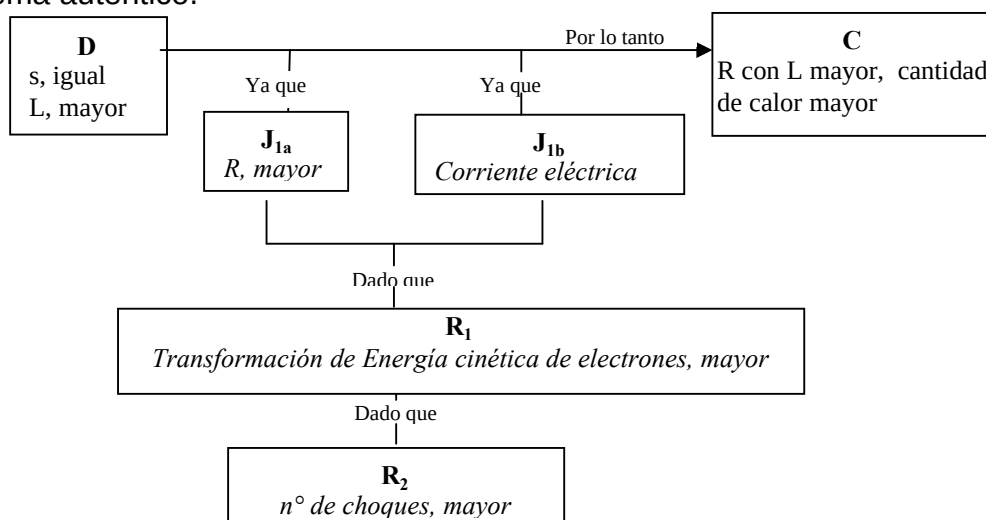
corriente de infinitos electrones que circulan en una dirección determinada) y hacen explícito que en un determinado conductor ésta es constante y no se acumula (153. E: *la corriente de electrones, continúa, a pesar de los choques. Que algunos; ...*; 155. E: *choquen contra los otros, eso no quiere decir que no van a pasar, no van a atravesar ninguno para acá. Porque si alguno no logra pasar a través de la sección de la resistencia, se hace bolsa* (significa se rompe o destruye). A pesar de la referencia a la corriente eléctrica, no se utiliza el concepto de intensidad para establecer nexos con el problema a resolver.

- En el episodio Ep#10, se ratifican en su conclusión y dan razones sobre las que fundamentan su toma de decisión. Transcribimos esta parte del discurso (Cuadro 5.1).

168.E: **compramos la más larga.**
 169.IDI (investigadora): *¿y por qué compraron la más larga?*
 170.E: *primero porque al tener mayor longitud, la resistencia es mayor a la corriente eléctrica, por todo lo de los átomos que explicamos. Al haber mayor resistencia es mayor la cantidad de choques, la cantidad de energía cinética que traen esos electrones se transforma en energía que se manifiesta en forma de calor.*
 171. E: *al ser la sección, perdón, la sección es la misma, la longitud mucho mayor va haber mayor cantidad de choques, por lo tanto mayor cantidad de transformación de energía por lo tanto, nosotros pensamos, **que la cantidad de calor que va a generar esta resistencia larga, va a ser mayor que la corta.***

Cuadro 5.1: Explicitación de la conclusión y razones sobre el problema auténtico, en Ep#10 del profesorado en formación inicial

El siguiente Esquema 5.7 representa el argumento que el profesorado en formación inicial explicita ante un tercero, sobre la resolución del problema auténtico.



Esquema 5.7: Argumento sobre la resolución del problema auténtico, en Ep#10 del profesorado en formación inicial

- En el episodio Ep#11, las futuras profesoras hacen una reflexión final sobre las dificultades conceptuales que aparecen en el discurso, así como sobre el modelo en el que se apoyan para elaborar la conclusión (185.S y E: *el modelo cinético molecular ...*) y afirman que el problema les motivó a pensar, (210. S: ***está buenísimo, yo nunca me puse a pensar***).

Está visto que piensan en términos de vibraciones, pero en vez de centrar la cuestión en la relación entre el aumento de las mismas y el aumento de la energía térmica del material, se centran en el *choque* mismo, desde una concepción mecanicista.

179. S: *porque hay que tener en cuenta que los átomos no están quietos, sino que se están moviendo. Tienen movimiento de vibración. Entonces ahí puede haber choques. Hay choques.*

El modelo cinético-molecular les es útil en el caso de un gas.

187. E: *bueno, por ejemplo que en un gas hay moléculas, partículas, átomos, tienen mayor espacio, están separadas mucho más, yo me lo imagino así,...;*

188. S: *imaginate un globo, vos inflás un globo... las partículas, que pueden ser átomos o moléculas, tienen un movimiento caótico, y están lo más separadas posibles*

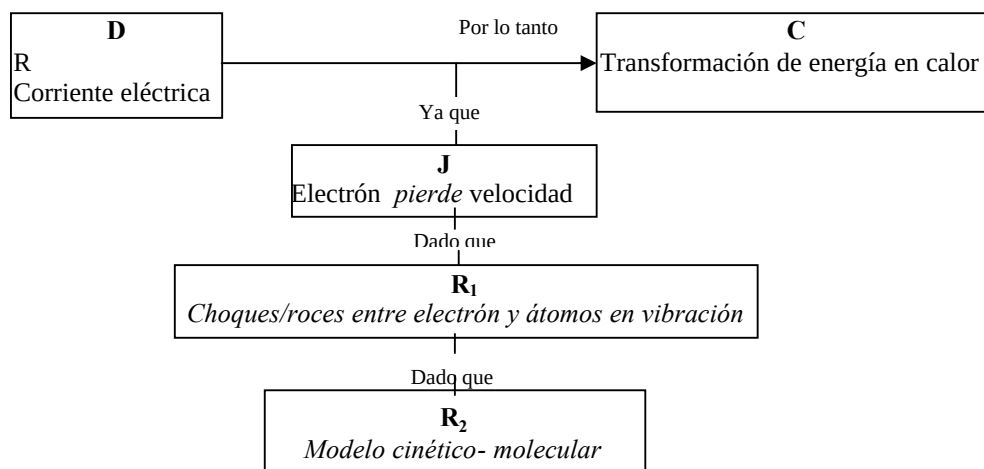
Pero deja de serlo en el caso de un metal, puesto que vuelve a surgir el estado metálico como obstáculo.

193. E: *si es un metal uniforme, de cierto material, por ejemplo cobre, son todos átomos de cobre igualitos, del mismo tamaño y están juntitos;*

194. S: *pero no están quietos, sino que están vibrando;*

195.E: *o sea, por un sólido, los átomos que lo forman están muy juntos, formando algo que tiene su propio volumen, su propia... forma, porque la determina esos átomos que están todos juntitos entre sí.*

El discurso pone de manifiesto la dificultad de interpretar la ordenación de los restos atómicos, en el estado metálico, con la libertad de movimiento de sus electrones de conducción. El argumento basado en el modelo cinético molecular se representa en Esquema 5.8.



Esquema 5.8: Argumento sobre el fenómeno de transformación de energía, en Ep#11 del profesorado en formación inicial

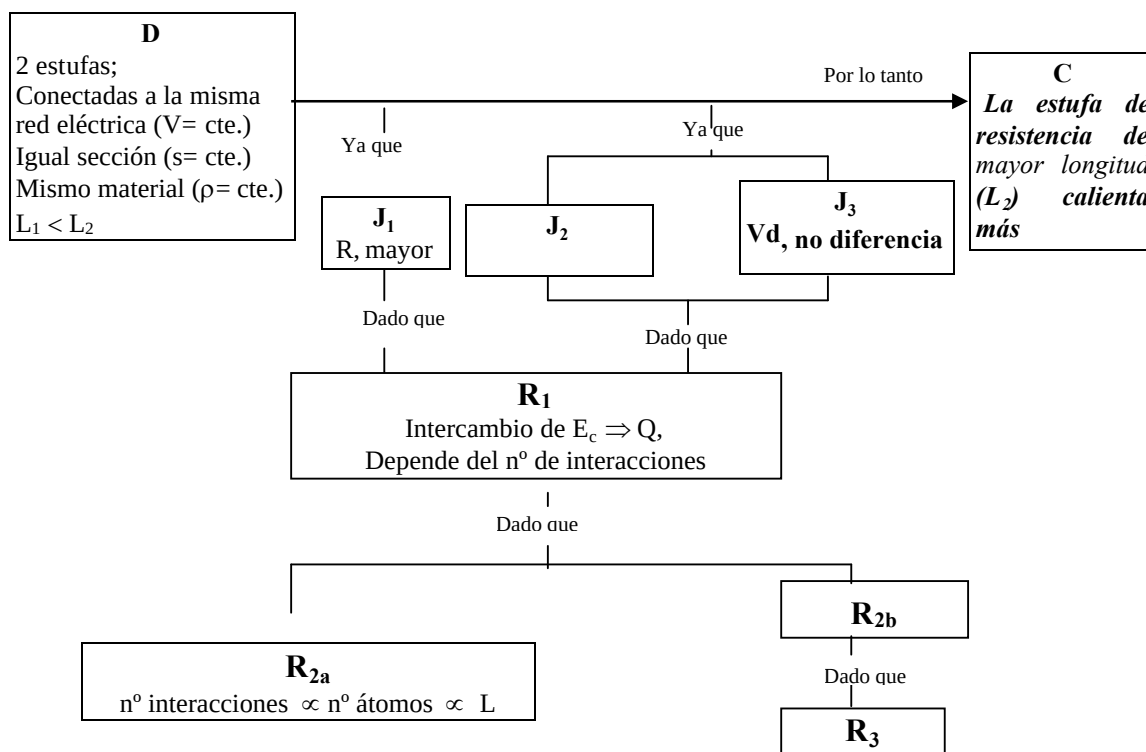
Existe conciencia de lo complejo que es explicar el intercambio de energía que plantea el problema.

207. E: *estamos de acuerdo en que la energía cinética se transforma en otra porque pierde, o sea, mal dicho pierde, pero no encuentro la palabra para explicarlo;*

208. E: *pierde velocidad, pierde energía cinética, pero como la ley tan asimilada me dice que la energía no se pierde sino que se transforma. **La energía es como que se transforma en una energía en forma de calor, pero yo nunca me he puesto a imaginar qué pasa en ese momento.***

El estudio de los episodios del discurso del pequeño grupo integrado por el profesorado en formación inicial de la muestra investigada, ha puesto de manifiesto los elementos utilizados y cómo se los utiliza en la argumentación elaborada al resolver el problema auténtico. Se presenta a continuación la comparación de estos resultados con los marcos referenciales de investigación, en primer lugar con aquel basado en modelo analógico (Esquema 2.4, pp.92). Nótese que aunque en algún episodio mencionan variación de velocidad, ésta muestra un razonamiento localizado en un electrón, conceptualmente distinto a la velocidad de arrastre (v_d) elemento J_3 del referencial, que no diferencia.

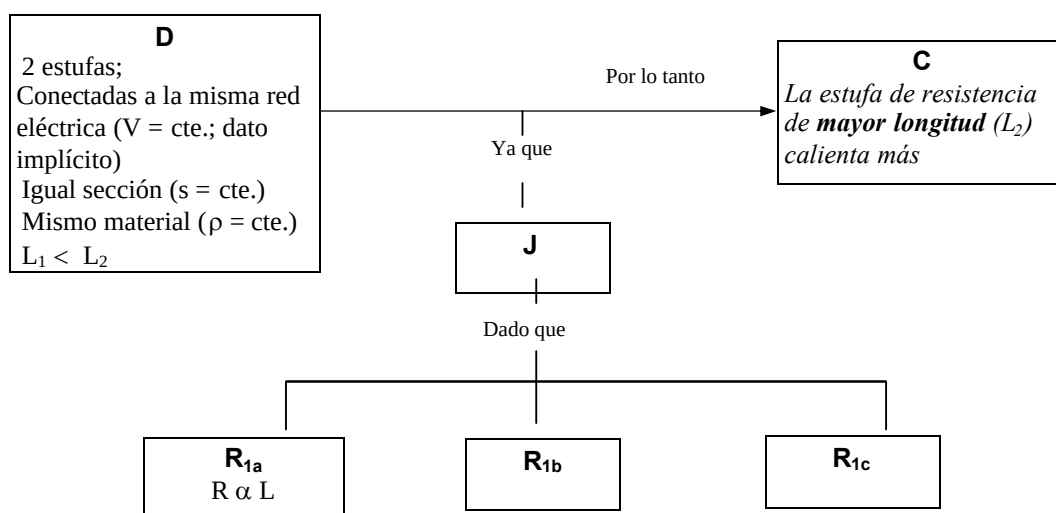
En el Esquema 5.9 queda representado el resultado de la comparación con el referencial basado en el modelo analógico.



Esquema 5.9: Comparación argumento del profesorado en formación inicial con el referencial basado en un modelo analógico

Este esquema tiene la misma estructura que el referencial basado en el modelo analógico, pero la información y el uso que se hace de ella no es la misma. Con recuadros vacíos indicamos aquellas justificaciones o respaldos que no aparecen en el discurso del profesorado en formación investigado.

Seguidamente presentamos la comparación con aquel referencial basado en leyes de electricidad (Esquema 2.3, pp.91), donde sobresale especialmente que no se utilizan los conocimientos académicos que justamente requiere la solución del problema auténtico. Conocimientos que con seguridad estudiaron durante su formación en ciencias, en la carrera de profesorado. En Esquema 5.10 queda de manifiesto el resultado de la comparación con el referencial basado en leyes de electricidad.



Esquema 5.10: Comparación argumento del profesorado en formación inicial con el referencial elaborado a partir de las leyes de la electricidad

La forma de utilizar el conocimiento, sea desde la analogía o desde el intento de aplicar alguna ley de electricidad, conduce a la conclusión alternativa de comprar la estufa de resistencia más larga. En Tabla 5.2 se muestra la comparación entre el conocimiento utilizado por el profesorado en formación inicial y el que se requiere para la resolución del problema auténtico, según el referencial.

Operación argumentativa	Conocimiento científico utilizado en la toma de decisión	
	Profesorado en Formación Inicial	Referencial
Dato	S, L	V, ρ , S, L
Justificación	R es directamente proporcional a la longitud (L)	Intensidad de corriente (I) mayor
Respaldo	La energía cinética de los electrones se transforma en calor Hay mayor cantidad de choques entre electrones y los átomos	a) Potencia eléctrica; b) Ley de Ohm; c) R en función de sus dimensiones Modelo corpuscular
Conclusión	La estufa de R más larga calienta más	La estufa de R más corta calienta más

Tabla 5.2: Comparación del uso del conocimiento científico durante la construcción del argumento sobre el problema auténtico

Aplicando Tablas de contraste, idénticas a las utilizadas en el estudio de los libros de texto, surge el perfil argumentativo del profesorado de formación inicial de la muestra investigada, poniéndose en evidencia el uso del modelo analógico (Tabla 5.3), mientras que es prácticamente nula la utilización de las leyes de electricidad (Tabla 5.4).

Referencial basado en modelo analógico		Profesorado en Formación inicial
DATOS		
V = constante		
Sección (s) = constante		s
Resistividad (ρ) = constante		
Longitud (L), mayor		L, mayor
JUSTIFICACION		
R, mayor		R, mayor
I, mayor (corriente eléctrica)		
Velocidad de arrastre, mayor		v, no diferencia
RESPALDO		
Intercambio de energía cinética en calor	Depende del n° de interacciones	Depende del n° de interacciones
	Depende de la Ec. de los electrones	Ec, no diferencia
n° interacciones $\propto$ n° átomos		n° interacciones $\propto$ n° átomos
n° átomos $\propto$ L		n° átomos $\propto$ L
Ec de los electrones $\propto 1/L^2$	Velocidad de arrastre $\propto$ I	
	I $\propto 1/L$	

Tabla 5.3: Perfil argumentativo de Profesorado en Formación inicial, basado en modelo analógico

Referencial basado en las leyes de electricidad		Profesorado en Formación inicial
DATOS		
V = constante		
Sección (s) = constante		s
Resistividad (ρ) = constante		
Longitud (L), mayor		L, mayor
JUSTIFICACION		
I mayor		
RESPALDO		
R = $\rho \cdot L / s$		R $\propto$ L
V = I.R		
P =	V.I	
	I ² . R	
	V ² / R	

Tabla 5.4: Perfil argumentativo de Profesorado en Formación inicial, basado en las leyes de electricidad

Se ha puesto de manifiesto que el problema utilizado, además de servir como instrumento de recogida de información, reviste valor didáctico dado que de él surgen demandas de conocimiento y reflexión **(210.S: *está buenísimo, yo nunca me puse a pensar*)** y requiere de la explicitación de los modelos que utilizan quienes lo resuelven.

5.1.1.b. Otras dimensiones de la co-construcción de argumento entre pares del profesorado en formación inicial al resolver el problema auténtico

Se ha visto que durante la interacción social entre pares de profesorado en formación inicial en ciencias se utiliza sólo parte del conocimiento científico necesario para resolver el problema y se lo relaciona de modo tal que se toma una decisión alejada de la académica.

El Patrón argumentativo de Toulmin (TAP), resulta útil para hacer visibles los elementos del mismo y el proceso de cambio de la co-construcción del argumento. Sin embargo el registro tomado durante la interacción del profesorado, aporta otra información que el TAP final, y aún los TAP de episodios, parecen no reflejar. Por ejemplo, qué aportaciones y operaciones de *construcción de conocimiento* manifiesta cada participante durante la transformación de los datos; qué *decisiones epistémicas* toman, respecto a qué enunciados cuentan como dato, justificación, respaldo y cómo los mismos transforman su papel a lo largo del discurso, qué tipo de *interacción* establecen.

De la *interacción* entre pares que resuelven el problema, es posible formar alguna idea respecto al papel representado por cada participante, la *aproximación comunicativa* entre sí, el papel representado frente al destinatario de su discurso, procedimientos y tipos de argumentos que tienden a utilizar. Una sucinta caracterización de dichos aspectos contribuye a completar aspectos del perfil argumentativo de quienes se forman en la *cultura* de profesorado.

Se ajusta el enfoque sobre los enunciados de las líneas de intervención y en ellas específicamente sobre las operaciones básicas que, según Toulmin (1995), caracterizan a un argumento: Datos, Justificación y Conclusión y, en caso que aparezcan, también se tendrán en cuenta los respaldos (R).

En algunas líneas las intervenciones expresan duda, oposición, apoyo de la idea, completan o reinterpretan enunciados, demandan explicación, plantean

preguntas, expresan palabras sueltas que dan continuidad al discurso o bien expresiones incodificables. Todos estos elementos del discurso se caracterizan por ser intervenciones breves que en muchos casos se reducen a una o dos palabras. Por ejemplo las intervenciones 84 y 127 (S. 84: *entonces...*; S.127: *estoy pensando...*). Seguramente en un estudio donde se utilizaran subcategorías de las operaciones argumentativas (Jiménez, 1998; Álvarez, 1998; Pontecorvo, 1993), podrían categorizarse estas intervenciones, que no por breves dejan de cumplir un papel en la *construcción social de la cognición* (Condor y Antaki, 2001).

Según Jiménez Aleixandre y Díaz Bustamante (2003), el análisis del discurso tiene un componente subjetivo, por lo que distintos investigadores pueden interpretar de distintas formas un diálogo o acción. Consecuentemente identificar D, J, C y R en los enunciados de las líneas de intervención, supone tener que interpretar y esto conlleva el riesgo de equivocarnos, que vale la pena asumir para poder aproximarse al conocimiento del razonamiento argumentativo del profesorado. La argumentación del profesorado es casi un misterio fuera del aula, a pesar de que su exteriorización es relevante para la formación de la argumentación del estudiante.

Se encuentra que algunas líneas de intervención implican una o más operaciones argumentativas, indicio de la complejidad que implica estudiar el discurso del profesorado. Por ejemplo en la línea E:100 (Tabla 5.5), es posible interpretar qué cuenta como Dato, Justificación, Respaldo y Conclusión (DJRC), identificado respectivamente con el siguiente código (CD) de subrayado: el Dato se subraya con línea puntos, la Justificación con línea completa, el Respaldo con doble línea y la Conclusión con ondas.

Dato (D): y la corriente eléctrica son electrones en movimiento, ¿sí? en una dirección determinada
 Justificación (J): al atravesar el material esa corriente de electrones sufre choques con los átomos
 Conclusión (C) : viene toda la transformación de energía

El proceso de interacción entre pares durante la co-construcción del conocimiento hace visible la modificación del *papel* que cumple un mismo conocimiento, aún en líneas consecutivas del discurso. Por ejemplo, *los choques entre electrones y átomos* que en la línea 100 se utiliza como Justificación, en las

líneas 101 y 102 se utiliza como Dato, de manera tal que se establecen enlaces entre las distintas líneas del discurso (Tabla 5.5).

Línea N°	Participante	Enunciado	Operación argumentativa
100	E	<i>y la corriente eléctrica son electrones en movimiento..sí?. en una dirección determinada. Bueno al atravesar el material esa corriente de electrones sufre choques con los átomos, y ahí viene toda la transformación de energía que habíamos visto</i>	DJC
101	S	<i>y entonces, si chocan más veces. Qué pasaba con la energía cinética?</i>	D
102	E	<i>al haber más cantidad de choques hay más pérdida de energía cinética, más transformación de energía a una energía en forma de calor.</i>	DJC
103	S	<i>entonces.....pero yo así, así (señala esquema espiralada de la resistencia) diría que cualquiera de las dos, pero ya después cuando me puse a pensar en fórmulas y a mirar esto (señala esquema de estructura interna del conductor) diría la de mayor longitud, pero sino diría cualquiera de las dos. No sé por qué.</i>	DC ₁ J ₁ J ₂ C ₂ C ₁
104	-----IDI: intervención del capacitador-investigador -----		
105	E	<i>al haber más longitud la resistencia sería mayor, porque habría mayor cantidad de átomos que hacen que los electrones choquen</i>	DCJ
CD de subrayado de operaciones argumentativas: Datos; Justificación; Conclusión; Respaldo			

Tabla 5.5: Identificación de operaciones argumentativas sobre algunas líneas de intervención de la Ep#4

Ocurre también, que en una misma línea de intervención, se emiten *Conclusiones* contradictorias con distintas *Justificaciones*, lo que resulta interesante por hacer visibles dudas, contradicciones, estereotipos culturales de la explicación del profesorado basado en fórmulas, esquemas y modelos que muestran sus limitaciones al intentar utilizarlos para resolver la situación. Ej. línea 103, en Tabla 5.5.

Ajustar el foco de análisis en las líneas de intervención de cada episodio permite conocer las operaciones argumentativas (OA) que cumplen los enunciados emitidos por cada participante (Tabla 5.6). Notándose que la participante E además de tener mayor frecuencia de líneas de intervención, forma enunciados donde se puede reconocer dos o tres operaciones argumentativas (Datos, Justificaciones y Respaldos) y tiene pocas intervenciones donde no se identifiquen dichas operaciones. La participante S tiene la mitad de intervenciones con operaciones argumentativas que E -con enunciados sencillos de sólo una operación argumentativa, por ejemplo sólo *Dato* o sólo *Justificación*- pero tiene el doble que E de intervenciones donde no se identifican operaciones argumentativas o son contradictorias, como en el caso de 103.S.

Episodios	Líneas de intervención	Operaciones argumentativas por línea		Cantidad de líneas sin Operaciones argumentativas	
		E	S	E	S
Ep #2	34-39	34:JC; 36: JC; 38: J	35:D; 39:J	0	1
Ep #3	52-73	53:J; 56:CJR; 57:J; 59:J; 61:J; 63:CJCJ; 65:JCJC; 68:J; 70:JRJ; 72:C	60:C; 66:D; 69:J; 71:C	0	4
Ep #4	74-107	76:DC; 79:D; 81:D; 83:DCJ; 86:J; 88:C; 90:J; 93:CJ; 96:DCJ; 100:DJC; 102:DJC; 105:DCJ; 107:C	78:J; 80:D; 82:D; 87:J; 92:C; 95:C; 101:D	2	3
Ep #5	116-125	116:CJ; 118:J; 120:J; 122:J; 124:C	123:J; 125:C	0	3
Ep #6	126-143	130:D; 132:C; 140:DC; 142:JC	131:D; 133:DJ; 137:JC; 141:J	5	3
Ep #7	168-172	169:C; 171:DJ; 172:DC	No se encuentra	0	0

Tabla 5.6: Operaciones argumentativas en líneas de intervención de cada episodio de la co-construcción de argumento del profesorado en formación inicial.

En Tabla 5.6 se observa que algunas líneas de intervención no aparecen, sea por la dificultad de identificar la codificación aplicada (Ej. 84.S: *entonces...*) o bien corresponden a una intervención de la investigadora (Ej. 85.IDI: *el volumen de qué?*). Se indica, por ejemplo, que en el episodio Ep#2, las líneas de intervención 34, 36 y 38 corresponden a E, mientras que las líneas 35 y 39 corresponden a S. En cada número de línea analizada se indican las operaciones argumentativas básicas que se identifican en dicha línea. Recordemos lo explicado en párrafos anteriores: donde indicamos 100:DJC, significa que en la línea 100 se identificó el dato (D), la justificación (J) y la conclusión (C).

De 45 intervenciones de E, 38 presentan operaciones argumentativas, mientras que sobre 33 de S, sólo 19 la tienen. La diferencia se corresponde con enunciados no identificables como operación argumentativa donde, sobre el total de intervenciones, S duplica a E en enunciados con estas características. Estos datos ponen de manifiesto cierta diferencia de calidad de las operaciones argumentativas.

La existencia del desequilibrio entre la calidad argumentativa de los enunciados de las participantes parece tener relación con los roles en la interacción, donde E parece llevar el peso de la explicación, mientras que S reinterpreta los enunciados de E, dando continuidad al discurso y haciendo explícita la existencia de puntos de duda. Cada una juega un rol -respecto a la interacción y a la *dramaturgia* (Reigosa y Jiménez, 2000)- que asumen en la

situación. Esta dinámica de interacción, complejidad de enunciados y operaciones argumentativas (OA) se ejemplifica, en Tabla 5.7.

Interacción entre pares			
Intervención de E		Intervención de S	
Enunciado	OA	Enunciado	OA
Bueno <u>esa corriente de electrones está chocando con los átomos del material lo que produce un calentamiento, esos choques están relacionados con la resistencia que ofrece el material al paso de la corriente eléctrica, por eso se genera calor.</u>	JCJC		
		Ahora vamos a ver <u>que pasaría si es más angosto o más largo.</u>	D
Y bueno primero <u>por los roces y hay energía de por medio, como podría explicar?</u>	J		
		<u>Por los choques</u>	J
Al chocar hay <u>pérdida de energía cinética. Como la energía no se pierde sino que se transforma se transforma en otro tipo de energía, todo eso que se perdió como cinética.</u>	JRJ		
		<u>La energía cinética se puede transformar en...no sé como decirlo... en calor</u>	C
En calor	C		
OA: Operaciones Argumentativas			

Tabla 5.7: Interacción entre pares en Ep#3, líneas de intervención 63-72

El análisis aplicado permite identificar la existencia de operaciones argumentativas en el discurso desarrollado durante la interacción entre pares. Es posible distinguir entre líneas de intervención que contienen una sola operación argumentativa básica (D, J o C), que denominamos "simples", y otras líneas que contienen combinaciones de operaciones argumentativas básicas (por ejemplo: DJ, DCJ), que denominamos "múltiples". El conocimiento utilizado tiene una dinámica de cambio de operación argumentativa en distintas líneas, de modo que el mismo enunciado puede cumplir función de D, J o C. De ahí que darle ubicación en el TAP representativo de cada episodio, requiere la evaluación de lo comunicado por el conjunto de líneas que lo componen.

Realizado este proceso sobre la totalidad de las intervenciones de los episodios analizados (Tabla 5.6), es evidente que E es quien elabora la parte *sustantiva* del discurso, en el sentido de Toulmin (1958), construyendo aquellas intervenciones con mayor carga argumentativa. A pesar de ello, E no logra utilizar el conocimiento científico para una toma de decisión correcta, posiblemente se deba por haber centrado su razonamiento sobre una situación similar a un circuito en serie.

Del ejercicio de leer solamente las intervenciones de E surge un discurso coherente y elaborado, aunque alternativo, mientras que si leemos solamente las

intervenciones de S es evidente la falta de independencia y coherencia del discurso. El discurso de S sigue o depende del discurso de E.

En total, la pareja investigada emite 57 intervenciones que presentan operaciones básicas, 19 con múltiples operaciones argumentativas y de éstas, 17 las emitió E.

La participación que asume cada una, muestra a E en un rol de conducción del discurso, dando lugar a un *tipo de argumento* (Driver y cols., 2000) donde parece prevalecer la emisión de razones para *convencerse* a sí misma, al par que constituye su auditorio real y a un tercero virtual ante quien supone tendrá que argumentar, según lo solicita el problema auténtico que resuelve. Parece fuerte la tendencia a un argumento *retórico* o *autoritario* (Scott y Mortimer, 2002) centrado en *una sola voz o perspectiva*, que se repite en las intervenciones en distintos momentos de la resolución del problema.

131. E: *mayor, el número de choques acá va a ser mayor.*

...

177. S: *va corriendo, vos imagináte alguien, que va corriendo, al chocar pierde velocidad, sí?*

...

211. E: *yo creo que por los choques y los roces se genera calor. Como que te acalora estar continuamente con una persona rozándote. Llega un momento que te acalora.*

A partir de la toma de decisión por intuición es escasa la evaluación de distintas voces o alternativas, siendo casi nula la presencia de argumentación *dialógica*, limitada a líneas iniciales sobre interpretación del dato *sección*.

12.S: *y esta sería menos angosta y más larga. En definitiva el área de las dos, la superficie sería la misma.*

13.IDI: *cuál es la sección que vos hablás?*

14.E: *esta es la más angosta.*

15.IDI: *la más angosta?..*

16.E: *si el área....*

17.IDI: *cuál es el área que se habla?.*

18.E y S: *base por altura*

19.IDI: *ah! de la resistencia?*

20.E: *Ah!... yo me imaginé un dibujo geométrico. Es el de la resistencia?...interpretamos mal.*

Es identificable el intento de superar la intuición a través de una solución *racional* que no llega, razón por la que se pretende lograr el consenso utilizando un discurso *persuasivo*, sin que parezca importar ni la calidad del conocimiento académico, ni la estructura argumentativa que se aplique a tal fin.

La *aproximación comunicativa* (Scott y Mortimer, 2002) entre pares, a pesar de mostrar rasgos de *retórica* o *autoritaria*, resulta *interactiva* puesto que la presencia de un par, aunque sea con breves intervenciones, contribuye a la reflexión e influye en el razonamiento, evaluación y transformación del conocimiento que produce el pequeño grupo.

El proceso de co-construcción del argumento analizado, es rico en exhibición de operaciones epistémicas. Se ilustra, con los siguientes ejemplos,

Definiciones

a través de fórmulas

41.S: ...*Qué hacemos fórmulas?*

46.E: *y bueno terminamos pensando en fórmulas, Dios mío*

...

114. E: *entonces venimos bien. Yo pensaba si la resistencia es inversamente proporcional, como no me acuerdo la fórmula...*

o en forma de enunciado verbal

53.E: *la resistencia, la pienso yo, como la resistencia que ofrece el material al paso de los electrones de la corriente eléctrica. Esa es la definición hablada, está bien?*

...

150. E: *es de la corriente eléctrica. La corriente eléctrica es una corriente de infinitos electrones que circulan en una dirección determinada*

Clasificaciones

63.E: *yo me imagino como que chocan con los átomos del mismo material. Porque por ejemplo un metal los átomos están los suficientemente juntos para....por eso el metal me lo imagino como un gran conductor*

Relaciones causales

65. E: *bueno esa corriente de electrones está chocando con los átomos del material lo que produce un calentamiento...*

...

96. E: *o sea al crecer la longitud va haber mayor cantidad de choques, va haber mayor cantidad de átomos disponibles para chocar contra los electrones*

Analogías

117.E: *si, porque si vos por ejemplo **te parás sobre un electrón**, esto es una locura, pero bueno te parás sobre un electrón*

...

121.E: *exactamente, me lo imagino como un **embotellamiento**, cuanto más larga es la ruta que tenés que cruzar, el embotellamiento...*

...

188.S: *imaginate un globo, **vos inflás un globo**..las partículas, que pueden ser átomos o moléculas, tienen un movimiento caótico, y están lo más separadas posibles*

...

200. S: *y sí, porque si vos imaginate, una analogía, vos vas caminando **vienen 10000 personas** para mi lado y yo voy en contra*

Construcción de datos

Además, procedimientos de **construcción de datos**, eligiendo entre los disponibles en el problema como objeto de atención sólo aquel explícito y que cambia, la longitud L,

2.S: *igual sección pero una tiene mayor longitud que la otra;*

3.E: *igual sección sería igual área, no? El área sería la misma pero tienen diferente longitud, o sea lo que gana en longitud tiene que haber reducido en....*

4.S: *bueno...vamos a escribir....Vamos a hacer el dibujito...Hacemos una barra más larga...y una barra más corta y una más larga.*

Transformación de datos

Luego, en la **transformación de datos** se produce un sesgo que dificulta identificar la principal *pauta*, que *I* cambia

103.S: *entonces.....pero yo así, así (señala esquema espiral) diría que cualquiera de las dos, pero ya después cuando me puse a pensar en fórmulas y a mirar esto (señala esquema de estructura interna de conductor) diría la de mayor longitud, pero sino diría cualquiera de las dos. No sé por qué.*

Explicación

En relación con lo anterior, la **explicación** no atiende la pauta principal del problema sin que se encuentre mención a las diferentes *I* y velocidades de arrastre.

171. E: *Al ser la sección, perdón, la sección es la misma, la longitud mucho mayor va haber mayor cantidad de choques, por lo tanto mayor cantidad de transformación de energía por lo tanto, nosotros pensamos, que la cantidad de calor que va a generar esta resistencia larga, va a ser mayor que la corta*

Procedimientos y técnicas propias del ejercicio de profesorado

También se pone de manifiesto la presencia de procedimientos y técnicas propias del ejercicio de profesorado, tales como recurrir a esquemas, fórmulas y modelos.

56.E: *es la resistencia del material al paso de la corriente eléctrica. Genera calor. Si la resistencia es grande se genera calor porque no pasan,...los choques al....mirá **si lo hiciéramos con un dibujito**... yo no me voy a olvidar nunca **este dibujo**, el modelo de resistencia*

...

78. S: **hacé un dibujito** de uno más largo a ver si...

...

112.S: *no, no es inversamente proporcional. O sí. Nos hicimos un lío de fórmulas (en ningún momento se escribieron fórmulas)*

...

183.S: *según el **modelo que nosotros tenemos en mente**, no es cierto*

185.S y E: *el **modelo cinético-molecular**!....*

Aunque someramente, se han puesto de manifiesto estas otras dimensiones del discurso para ilustrar sobre lo que implica su investigación en situaciones de interacción: nos ha permitido registrar y analizar el discurso del profesorado en formación inicial al resolver el problema auténtico y, de este modo, generar conocimiento útil para la didáctica de las ciencias.

5.1.2. Profesorado en ejercicio

En el presente apartado se desarrolla el estudio interpretativo del discurso que el profesorado expresa durante la resolución del problema auténtico planteado. En primer lugar se presenta analiza el discurso registrado en la instancia individual, seguidamente el registrado en la interacción en grupo.

5.1.2.a Episodios de la construcción argumentativa del profesorado en ejercicio en instancia individual y comparación con el referencial

El discurso de cada participante de la muestra de profesorado en ejercicio, se analiza según la metodología indicada en apartado 5.1. Los *episodios* del discurso individual transcurren mientras cada profesor o profesora resuelve el problema y elabora la argumentación que expresa ante la ayudante de la investigación quien, además de registrar en audio, cumple el papel de destinatario real. Los episodios por corresponder a discursos de distintos participantes, de la muestra investigada, se identifican mediante un subíndice con la inicial del seudónimo de cada uno. Por ejemplo, Ep_z#1, indica *Episodio* 1 del discurso de la profesora Zulma.

El análisis de las líneas de intervención de cada episodio permite establecer qué conocimiento se utiliza y cómo se utiliza, en relación con el patrón argumentativo de Toulmin. De este modo es posible identificar qué elementos del esquema referencial del investigador utilizan, quedando de manifiesto el perfil argumentativo del discurso individual de cada uno de los participantes del pequeño grupo de profesorado en ejercicio.

5.1.2.a.1 Profesora Zulma (Z)

De la aplicación de la actividad del problema auténtico a la profesora Zulma, resulta un discurso de 56 líneas de intervención (Anexo III, apartado III.2.1.1, pp.549) cuyos *episodios* se caracterizan en Tabla 5.8.

Episodios	Líneas de Intervención	Aspectos sobresalientes de cada Episodio del Discurso de la profesora Zulma
Ep _z #1	1-8	Interpretación del problema. Interpretación de <i>sección</i> = diámetro del <i>tubo</i> donde se enrolla el alambre. Dificultad para interpretar qué significa que una resistencia tiene mayor longitud que otra.
Ep _z #2	9-21	Toma de decisión: <i>más larga, más calor</i> . Justificación: L y choques
Ep _z #3	23-36	Corriente eléctrica, choques, resistencia como justificación de transformación de energía, marco que sustenta la decisión
Ep _z #4	37-49	Comparación con artefactos (tubos fluorescentes) de distintas dimensiones de largo. Confunde L del conductor, con L del <i>tubo</i> donde se enrolla el alambre
Ep _z #5	50-56	Variable económica

Tabla 5.8: Caracterización de episodios de discurso de la profesora Zulma en instancia individual

En el episodio Ep_z#1, la profesora manifiesta dificultad para interpretar el significado de las dimensiones *sección* y *longitud* de la resistencia.

3.Z:... *tienen igual sección pero una tiene mayor longitud que la otra...Mayor longitud a qué se refiere?. Porque si te dice tiene igual sección: el tubo?*

Otorga al término *sección* el significado de *diámetro*, al parecer, del soporte donde se enrolla el alambre conductor que constituye la resistencia de la estufa.

5.Z: *Ah! la sección.. O sea el diámetro. A eso se refiere con sección. Y la longitud es distinta.*

Acude a la estrategia de esquematizar la disposición geométrica del conductor sobre un soporte cilíndrico que denomina *tubo*, disposición que llama *en tubo espiral*. La dificultad para interpretar el dato longitud se evidencia cuando interpreta la longitud de la resistencia como longitud del dicho tubo.

7.Z: *Supuestamente hacemos un dibujo. Hagamos una estufa, que tiene el tubo,... supongamos que es así... desde ya que aquí van a ir las conexiones. Tenés la otra estufa con una conexión más larga. ...O sea que el alambre conductor que vaya acá adentro, que supuestamente, está en tubo espiral.*

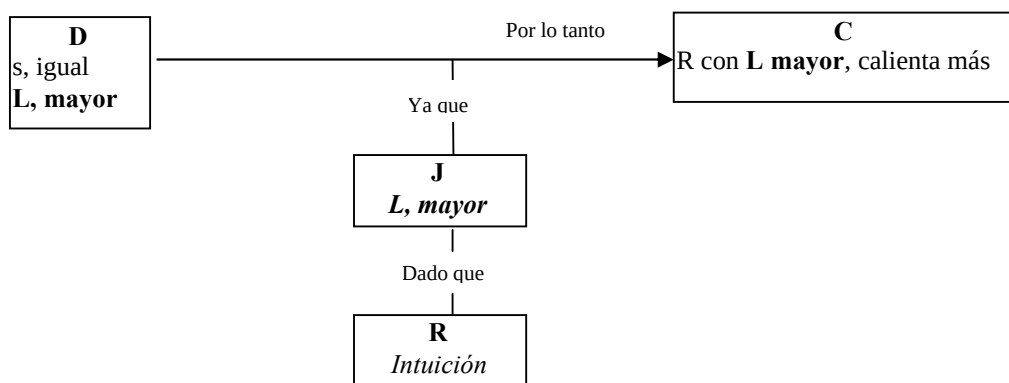
Esta transformación del dato, introduce una dificultad hasta ahora inédita en la interpretación del significado de *longitud* de la resistencia, ya que supone que las dos resistencias del problema tienen conductores de igual longitud, pero dispuestos sobre *tubos* de distinta longitud. Situación que luego, en la instancia grupal, se torna más evidente llegando a asumir que las dos resistencia tienen igual valor, ya que considera igual la longitud de los conductores (en discurso en grupo, Anexo III.2.2, pp.549, 23.Z: *...porque era el tubo el que tenía mayor longitud y el alambre, ponele como yo le decía de 2 metros, lo único que estaba*

más estirado, iba a tener la misma resistencia). En el episodio Ep_z#2, identifica el fenómeno físico esperado, en términos de mayor *irradiación de calor*.

9. Z: ...*Quiere que se **irradie** todo el calor posible...*

13.Z:...*Quieren que sea para calefaccionar.*

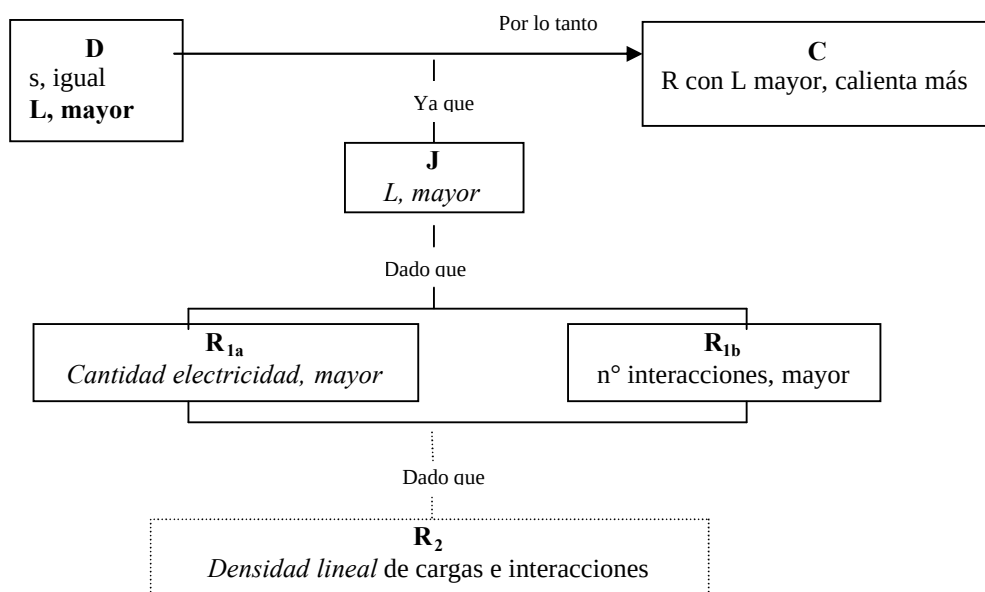
El dato longitud L cumple distintas funciones en el argumento, ya que se lo utiliza como justificación (21.Z: *Es debido a la longitud del alambre...*), también como conclusión (19.Z:...*La más larga daría mayor calor*) sobre el mayor calentamiento. Resultando que un mismo elemento argumentativo, justamente el dato que varía (L), cumple múltiples funciones en el mismo argumento (Dato, Justificación y Conclusión), tal como se muestra en Esquema 5.11.



Esquema 5.11: Argumento basado en la intuición, Ep_z#2 instancia individual de Zulma

De la mayor longitud (L), infiere la existencia de mayor número de cargas o electrones y mayor número de interacciones para una mayor longitud. Se considera la existencia de cierta cantidad de cargas e interacciones por unidad de longitud del alambre, como si se tratara de una densidad lineal. Planteo, que conduce a razonar que cuanto mayor sea la longitud será el número de choques. El argumento analizado se representa en Esquema 5.12.

21.Z:...*Supuestamente al pasar mayor cantidad de electricidad, al haber más choques de electrones, vos vas a tener... No va a ser el mismo calor el que te da un tramo así, o sea un tramo corto de alambre que todo el alambre largo*



Esquema 5.12: Argumento basado en interacciones en función de la longitud, Ep.#2 instancia individual de Zulma

Del enunciado anterior, respecto a que pasa *mayor cantidad de electricidad*, resulta interesante la interpretación dada por la destinataria del discurso, en este caso la ayudante que registra, que lo significa como *mayor intensidad de corriente*. Cuestión que logra, por un lado que Z explicita, después de ciertas dudas, que la intensidad de corriente no es diferente (25.Z: **No es que pase mayor corriente...**), fortaleciendo la presunción que se razona en función de cierta densidad lineal de distribución de carga. También da lugar a relaciones causales, además de alternativas, entre intensidad de corriente e interacciones, de modo que estas producirían intensidad de corriente, confundiendo ésta con corriente eléctrica.

25.Z: *...la intensidad de corriente supuestamente se produce por choques de electrones que van por un conductor...*

A su vez los choques, se toman como manifestación o causa de que *corra* energía. De esto, surge el enfoque de corriente eléctrica como corriente de energía, concepción alternativa que vincula con el fenómeno de transformación de energía.

25. Z: *...Entonces, al haber esos choques de electrones, vos sí tenés una energía que va corriendo...desde ya que esa energía eléctrica se te va transformar en calórica y luminica...*

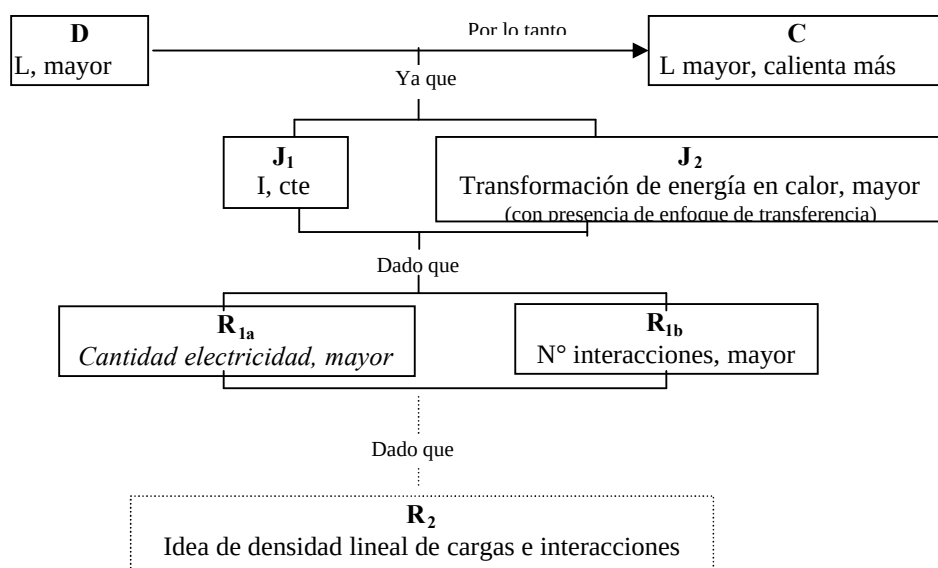
Coherente con lo anterior (Esquema 5.12), la cuantificación de la energía transformada se basa en la idea de densidad lineal de cargas e interacciones. De

este modo la cantidad de energía transformada por unidad de longitud sirve para concluir que un tramo más largo transforma más energía eléctrica en energía térmica. Más material caliente supone más transferencia térmica al ambiente, pensado en términos de cantidad de calor y con un manifiesto razonamiento local y secuencial, de manera que cada choque implica transformación de energía eléctrica y su intercambio con el ambiente. El fenómeno ocurre a lo largo del conductor a medida que circula-avanza la corriente eléctrica.

Desde el enfoque de transferencia los valores de R e I no juegan ningún papel en el intercambio de energía térmica. Se interpreta la situación como la existencia de un cierto material conductor a alta temperatura, de modo que cuanto más largo sea ese conductor más puntos de contacto habrá entre el material caliente y el ambiente para su transferencia. Se toma así la solución desde el enfoque de transferencia de calor por conducción o radiación, contenido de enseñanza del diseño de aula correspondiente a otras unidades didácticas, a pesar que en la elaboración del razonamiento utiliza elementos del enfoque de transformación de energía eléctrica en energía térmica, que ubica en las interacciones entre partículas.

25. Z:...al transformarse en lumínica y calórica, no va a ser lo mismo cantidad de calor que te ofrece un tramo más corto que el que te ofrece un tramo más largo.

Se ha puesto de manifiesto la riqueza de esta línea de intervención respecto a la epistemología del conocimiento sobre la transformación de energía, basada en un enfoque longitudinal del recorrido de cargas, choques, energía y su transformación. Evidentemente prima la cuestión espacial de la que se infiere que cuanto más largo sea el conductor más energía se transfiere y, en consecuencia, mayor será el calentamiento. De ahí que se sostenga que I es constante en coexistencia con las afirmaciones sobre mayor transformación de energía respaldada en mayor cantidad de electricidad e interacciones. El Esquema 5.13 pone de manifiesto el argumento del episodio analizado.



Esquema 5.13: Argumento sobre cuantificación de transformación de energía, Ep_z#3 instancia individual de Zulma

En un esfuerzo orientado a interpretar estas ideas de densidad lineal consideramos que la profesora Zulma parte del supuesto de que la cantidad de electrones que *pasan* por unidad de longitud es constante, consecuentemente la cantidad de choques también es constante y como los choques determinan la intensidad de corriente, ésta es constante. Como además es corriente de energía, ésta también se transforma en cantidad constante por unidad de longitud. De manera que para el interlocutor que recibe el argumento éste le resulta consistente y se percibe como coherente para la elaboración del razonamiento que concluye que la transformación de energía en *calor* es mayor cuanto más longitud tenga el conductor. Coherencia aparente que deja de lado lo más sustantivo: a diferentes longitudes se está ante circuitos diferentes, y por tanto ante sistemas diferentes en los que no es válido comparar cantidad de energía transformada sobre el supuesto alternativo de igualdad de intensidad de corriente. Corresponde advertir sobre el *riesgo* didáctico que implica en la enseñanza no identificar el cambio de sistema.

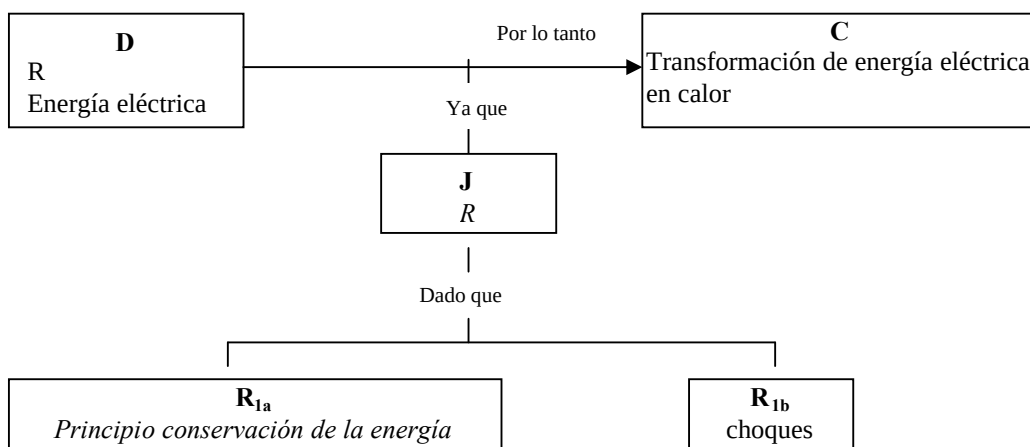
Posteriormente y ante el requerimiento de profundizar en la explicación, hemos de señalar que la profesora exhibe conocimiento académico, tal es el caso del principio de conservación de la energía, que evidentemente constituye saber solamente declarativo.

31.Z: ...lo del choque de electrones ...la transformación de energía por el famoso principio: “la energía no se gana ni se pierde sino que se transforma”...

Los choques de electrones en cuanto interacciones asociadas a la acción de resistencia, tienen lugar y tiempo de comienzo *-cuando la energía ingresa al alambre-* lo que evidencia un razonamiento localizado y secuencial.

31.Z: ... La energía eléctrica que ingresa al alambre que tenés adentro, es ahí donde se produce la transformación cuando el alambre comienza a ofrecerle la resistencia...

El siguiente Esquema 5.14, pone de manifiesto el argumento que subyace en el episodio analizado.



Esquema 5.14: Fenómeno de transformación de energía, $Ep_z\#3$ instancia individual de Zulma

Impacta la consistencia y lógica que sustenta el argumento de la profesora Zulma, que hace jugar la longitud como factor determinante de un mayor calentamiento, sin que se plantee dudas respecto a cambios en el sistema, ni ponga en juego el conocimiento sobre las leyes de la electricidad, que seguramente tiene.

En el episodio $Ep_z\#4$, respalda su discurso recurriendo a la estrategia docente de poner ejemplos, en este caso una tautología que en definitiva indica que la resistencia de mayor longitud calienta más, porque tiene mayor longitud.

37. Z: La más larga. Yo pienso que ofrecería más calor, porque vos...no es lo mismo la irradiación de calor que te puede provocar, 50 cm que lo que te puede ofrecer un tubo de 1 metro...

Apela también, a otros efectos de la corriente eléctrica, por ejemplo el luminoso. Quedando al descubierto cierta confusión entre intensidad eléctrica e intensidad lumínica, como así también una asociación entre tamaño de un

artefacto y la energía transformada, no siempre válida en tiempos en que la innovación tecnológica tiende a reducir el tamaño físico de artefactos, aún los de mayor potencia. Finalmente el argumento sobre la longitud del tubo del artefacto fluorescente como análogo al soporte de la resistencia, se manifiesta reiterativo.

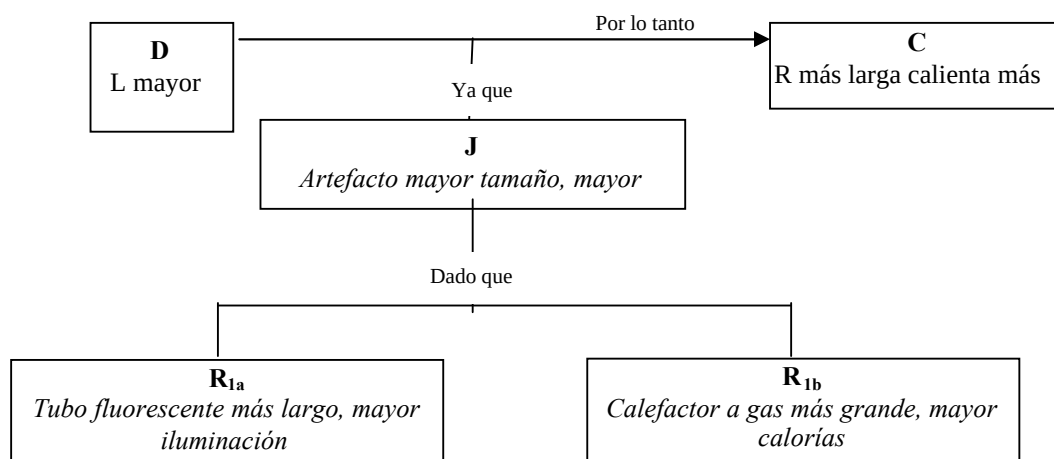
37.Z:... *Estamos en el mismo caso que la corriente eléctrica, vos fijate cuando tenés los tubos fluorescentes. No es la misma intensidad eléctrica que te da un tubo chico al que te da un tubo grande*

47.Z: *Porque si tenés una longitud más corta, no vas a tener la misma irradiación calórica que tenés con una más larga*

Otro ejemplo, es el calefactor de gas, de uso común en los hogares argentinos, reviste como refuerzo en la conclusión que un artefacto que ocupa más espacio, entendiendo por esto que es de tamaño físico más grande, calienta más. Muestra también, que llega al final del argumento sin haber interpretado qué significa el dato de la longitud de la resistencia.

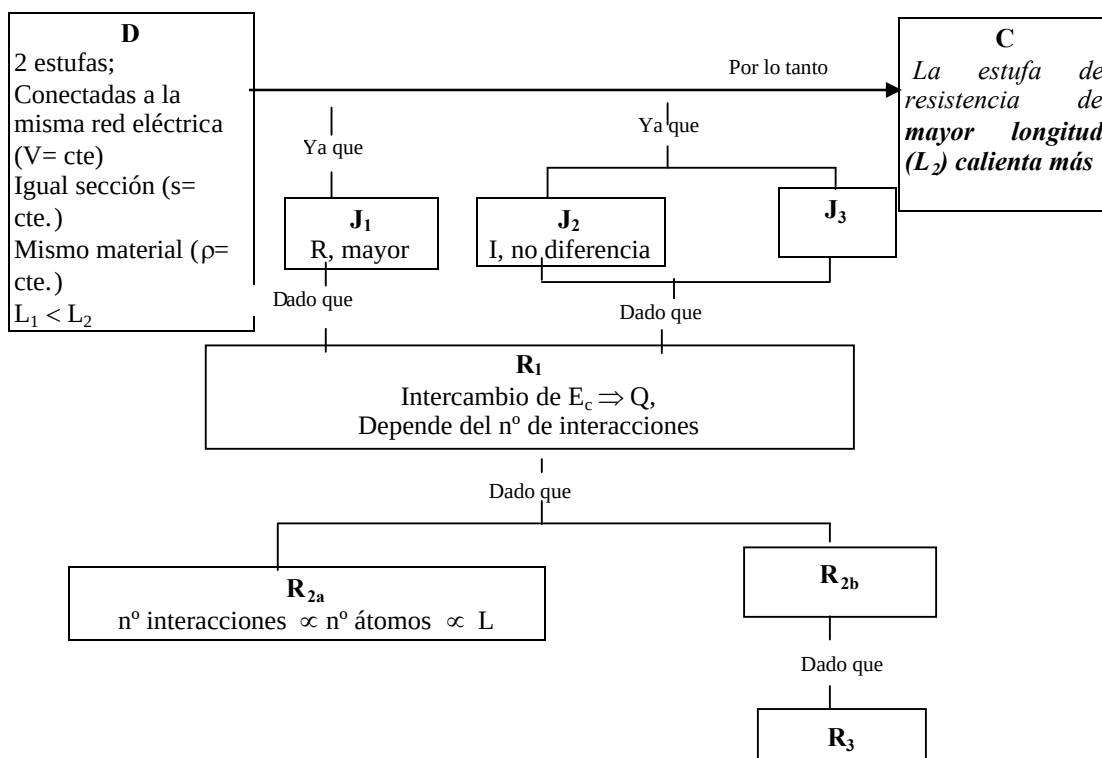
47.Z: *...Es lo mismo que cuando vas a comprar un calefactor. Por ahí te dicen los dos tienen la misma capacidad o sea... el mismo formato, nada más que una es un poco más grande porque tiene más calorías. Entonces vos comprás ese, porque si te ponés a pensar en el espacio de tu casa, por ahí comprás.... por eso yo te preguntaba si el alambre era del mismo largo.*

El Esquema 5.15 representa el argumento de este episodio.



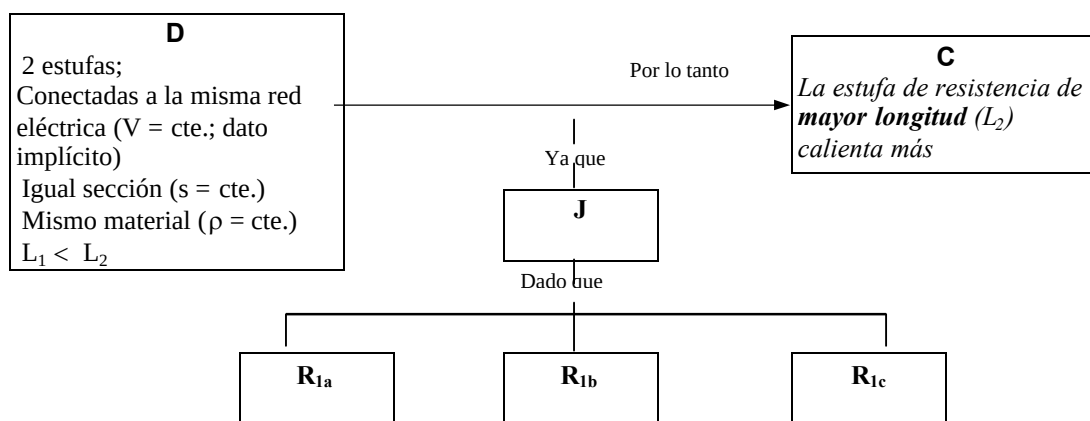
Esquema 5.15: Conclusión basada en ejemplos de otros artefactos de la vida cotidiana, Ep.#4 instancia individual de Zulma

En el episodio Epz#5, se observa que invitada a reflexionar sobre otras variables, solo se le ocurre la cuestión económica, desde el punto de vista monetario. Del análisis surgen elementos de la argumentación de la profesora Zulma posibles de contrastar con los referenciales de investigación. En primera instancia con el basado en modelo analógico (Esquema 5.16).



Esquema 5.16: Comparación argumento de la profesora Zulma en instancia individual, con referencial basado en un modelo analógico

Seguidamente se compara con el referencial basado en leyes de electricidad, quedando en evidencia que no se las utiliza (Esquema 5.17).



Esquema 5.17: Comparación argumento de la profesora Zulma en instancia individual, con referencial elaborado a partir de las leyes de la electricidad

Además de la información que surge de los TAP anteriores, el perfil argumentativo de la profesora Zulma muestra que la comunicación se realiza desde una única perspectiva, no ponderando alternativas. Para fortalecer su

argumento y persuadir al interlocutor de su discurso, recurre a transformar los datos, basándose en un conocimiento proveniente de la vida cotidiana respecto a que un artefacto que ocupa mayor espacio transfiere mayor energía al ambiente. Idea que fortalece tanto con enunciados académicos como el principio de conservación de energía y ejemplos con otras situaciones cotidianas. A pesar de ello el discurso mantiene la perspectiva, siendo difícil captar los vacíos o errores conceptuales del argumento. Se evidencia una dinámica discursiva que evita caer en puntos oscuros para sostener la argumentación que combina ideas de transformación de energía eléctrica en una resistencia, utilizando algunas ideas del modelo analógico, con el enfoque de transferencia de *calor* entre el conductor y el ambiente.

5.1.2. a.2. Profesor Oscar (O)

De la resolución del problema auténtico que realiza en la instancia individual el profesor Oscar, se registran 26 líneas de intervención (Anexo III, apartado III.2.1.2, pp.551), identificándose los siguientes *episodios*, cuyos aspectos sobresalientes se caracterizan en Tabla 5.9.

Episodios	Líneas de Intervención	Aspectos sobresalientes de cada Episodio del Discurso del profesor Oscar
Ep _o #1	1-4	Toma de decisión, basado en punto de vista económico. Compra resistencia con L más corta.
Ep _o #2	5-23	Cambio de punto de vista: tamaño de la sala y <i>consumo</i> energía, en función dimensiones de R. Compra resistencia con L más larga Problema interpretar <i>sección</i> .
Ep _o #3	24-26	Papel de R en la transformación de la energía. Ej.:artefactos

Tabla 5.9: Caracterización de episodios de discurso del Profesor Oscar en la instancia individual

En el episodio Ep_o#1, el profesor Oscar identifica la problemática como una situación conocida, rescatando los datos explícitos de las dimensiones de la resistencia. En la transformación de estos datos, vincula la longitud mayor con mayor resistencia y espontáneamente decide comprar la más estufa con resistencia con menor longitud. ¿Qué y cómo habrá pensado el profesor Oscar, para decidir comprar la de menor longitud? Cuestión que crea cierta expectativa en el presente estudio, por estar ante un posible argumento fundamentado en una correcta toma de decisión.

4. O: *¿Cual de las dos debo comprar?. En sí ya toda la problemática se conoce. Hablan de igual sección y del mismo material, pero uno de mayor longitud que otra, por lo tanto una ofrece mayor resistencia que la otra, entonces compraría la de menor longitud.*

Pronto se devela que la decisión fue ajena al conocimiento científico. Se fundamenta en razones económicas, pues supone que la más corta será la más barata de comprar. Quizás, también supone alternativamente que la más corta tendrá menor *gasto* desde el punto de vista energético, por lo tanto menos dinero a pagar por la energía consumida. Aunque, si así fuera, no tendría en cuenta el criterio indicado de elegir la que calienta más.

6.O:... *porque yo lo hice siempre como hacemos en la escuela con las compras relacionadas con los gastos....*

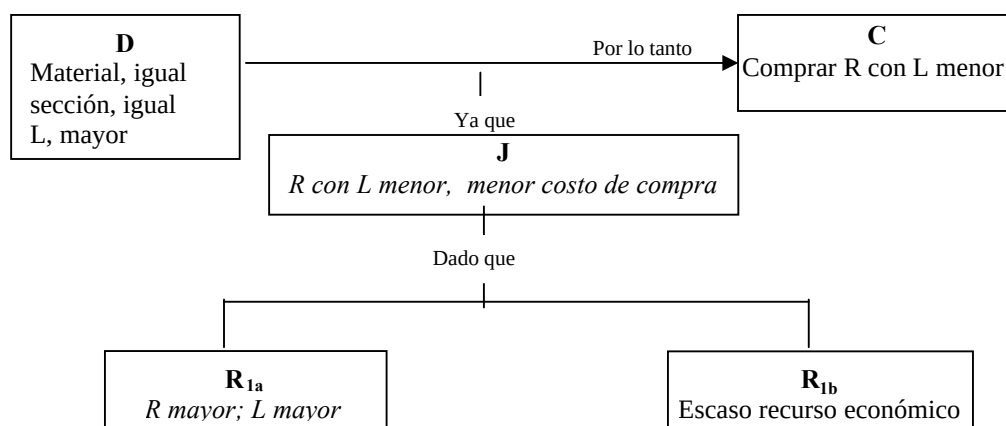
El profesor Oscar ha aplicado el criterio de que la estufa con R menor, cuesta menos. Al interpretar el criterio, se supone que el profesor sabe que una estufa es un artefacto destinado a calefacción, presume que aquella que caliente más eficazmente tendrá mayor costo de compra. De ser así, al elegir la de menor longitud como de menor valor económico, está diciendo también que la de mayor longitud cuesta más, por lo tanto calienta más.

Utiliza el criterio económico en relación con la cantidad de energía que, según sostiene el profesor unas líneas más adelante, *consume* el artefacto en funcionamiento. Estaría suponiendo que la estufa con resistencia más corta *consume* menos, lo que implica menor costo de energía en su funcionamiento. En contraposición reafirma que la más larga *consume* y calienta más.

A pesar de que parece ser un razonamiento lógico para el *consumidor* en situación de compra, a la vista de los referenciales de la investigación ya se ha mostrado que la conclusión es alternativa y se aleja del conocimiento académico deseable.

El punto de vista económico, alternativo como hemos indicado, es coherente con el siguiente episodio que, si bien a primera vista parece haber un cambio de decisión, en definitiva sostiene la misma idea y la reafirma tomando como base otros respaldos, en este caso de la ciencia.

El Esquema 5.18, representa la construcción argumentativa inicial del profesor Oscar, en la instancia individual.



Esquema 5.18: Conclusión inicial a partir de criterio económico,
Ep₀#1 instancia individual de Oscar

En el episodio Ep₀#2, se disculpa por haber utilizado el criterio económico, lo cambia por el criterio del tamaño del ambiente que se debe calentar. Ahora considera que si la sala es grande, debe comprar una estufa que tenga mayor *consumo* de energía, es decir la de resistencia más larga.

6.O: *lo que pasa es... A ver espere un minutito. De cualquier manera yo me apresuré con la respuesta porque tendría que ver cómo es la sala que quiere calefaccionar. Si es más grande o es más chica,...pero tengo que saber que cantidad de metros son los que yo quiero calefaccionar...Cuando yo digo que compro la de mayor o menor longitud estoy hablando del consumo... del consumo que va a tener el artefacto...De cualquier manera también va a estar relacionado con la **cantidad de calor que desprenda**. Así que yo quiero saber antes... la sala ¿cómo es?*

Asocia la idea de *consumo* de energía a la *cantidad de calor desprendido*, que según sostiene, será mayor cuanto más larga sea la resistencia. El calentamiento lo relaciona con que la resistencia se pone al *rojo*, indicando que lo hace más rápido aquella de menor *sección*. Se recuerda que esta asociación de material caliente que *se pone al rojo*, ya se ha encontrado en el discurso de algunos libros de textos, por ejemplo el AS (apartado 4.1.3.b, pp.226).

Dicho enunciado muestra otra forma de expresar la conclusión alternativa sobre el problema, que la resistencia mayor calienta más. Se evidencia el modelo de fluido de la corriente eléctrica que *pasa*. A su vez, sostener que *pasa* igual intensidad de corriente pone de manifiesto que las resistencias de distinta longitud se comparan en relación con el tamaño y no desde el punto de vista de una variable del circuito vinculada con intensidades de corriente diferentes.

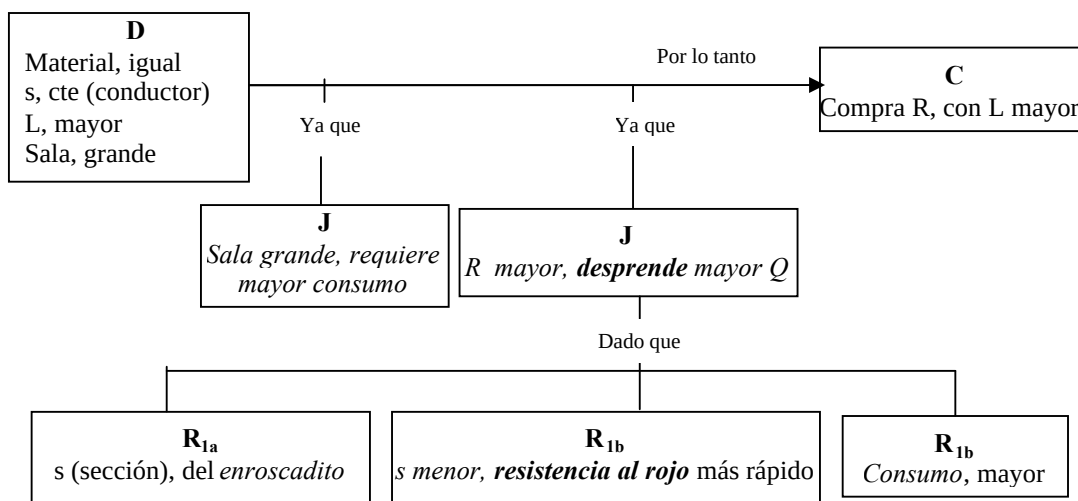
8.O: *Y...la que opone mayor resistencia, es la que más calor desprende..., porque..., es decir que se va a **poner la resistencia al rojo** y la corriente que pasa... La que se pone al rojo más rápido es la de menor sección....Pero acá había dicho que tienen igual sección....*

El término *sección*, reviste dificultad para su interpretación. Si bien se enuncia que la sección es la del alambre, la representación gráfica de la disposición de resistencia en forma espiral, deja traslucir que se habla de sección del *enroscadito* o *enrolladito*, denominación que utiliza en distintas intervenciones.

14.O: *La sección del alambre es el mismo así que voy a tener una que tiene un enroscadito así (realiza un esquema) y otra que tiene un enroscadito igual.*

La disposición del alambre, que forma una espiral de menor sección, se vincula con la rapidez con la que se pone *al rojo* la resistencia, asociando este fenómeno con una mayor transformación de energía eléctrica. El tomar como variable un dato que el problema establece como constante, supuso que el profesor identificara sección con el diámetro de la espiral.

Según el discurso registrado, cambiar de decisión sobre qué estufa comprar, si L mayor o menor, no representa cambio de ideas fundamentales puesto que los distintos criterios, *gasto menor* versus *consumo mayor*, muestra una misma perspectiva respecto a la dependencia del fenómeno de mayor calentamiento, expresado como *más calor desprende*, en función de la longitud de R. Tanto en *Ep_O#2*, como en *Ep_O#1*, se sostiene la misma idea, alternativa, que la más larga *consume* más. El argumento que subyace en *Ep_O#2* se representa en el Esquema 5.19.



Esquema 5.19: Argumento según tamaño sala, consumo de energía y dimensión sección de la disposición, *Ep_O#2* instancia individual de Oscar

Abandonando la interpretación que identifica la sección del alambre con la sección de la espiral, retoma el dato supuesto del tamaño de la *sala grande*, y

establece una relación de proporcionalidad directa entre el tamaño de la sala, la resistencia y la longitud.

16. O: *Si la sala es grande...Me voy a comprar la más grande.*

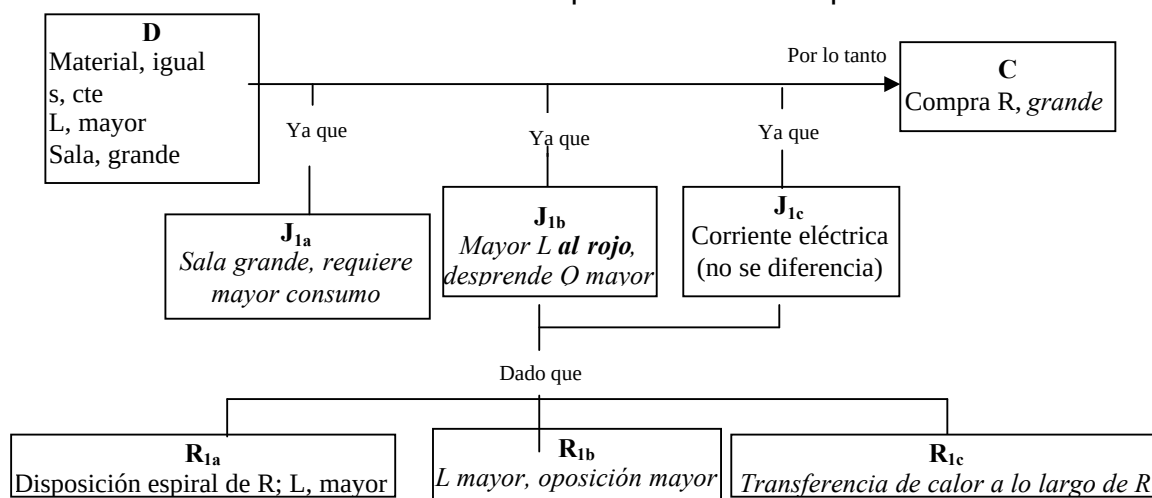
18. O: *La más larga.*

Teniendo en cuenta lo anterior, no tenemos certeza de qué entiende por longitud. Llama la atención que diga que compraría *la más grande*. La resistencia con más cantidad de *enroscaditos* o vueltas, tiene mayor longitud, por lo que se podría suponer la decisión es la de *comprar la más grande*. De este modo, no se encuentra en el discurso del profesor Oscar ningún enunciado que indique la relación entre el valor de la resistencia con la longitud y sección. En el discurso se hace explícito el concepto de resistencia como la *oposición* al paso de corriente eléctrica, localizada en cada porción del alambre, que se manifiesta poniendo el conductor **al rojo**. Cuanto más longitud de material sea atravesado por la misma, más material **al rojo** y más *desprendimiento de calor*.

20. O: *Porque al tener acción mayor cantidad de alambre que va a oponer resistencia en mayor cantidad de longitud*

22. O: *A la corriente que pasa*

En el argumento se supone que la intensidad de corriente es constante y que por la acción de la *oposición* a su paso por la resistencia se *desprende* una determinada cantidad de calor Q por unidad de longitud. Por lo tanto a mayor longitud corresponde mayor cantidad de calor que se transmite al ambiente, en este caso a la sala grande. De la longitud L , interpretada como espacio del soporte ocupado por el alambre caliente, depende la **cantidad de calor desprendido** a lo largo del conductor, cuestión diferente a significar la resistencia del circuito eléctrico como variable. Se representa en el Esquema 5.20.



Esquema 5.20: Argumento basado en tamaño sala, consumo de energía y dimensión longitud, $E_{p0\#2}$ instancia individual de Oscar

En el episodio *Ep_o#3*, el profesor Oscar propone ejemplos de otros artefactos donde se manifiesta el fenómeno de transformación de energía en luz y calor. Utiliza la idea de que el conductor *se pone al rojo* como evidencia de la transformación de energía por efecto del paso de la corriente eléctrica en una resistencia.

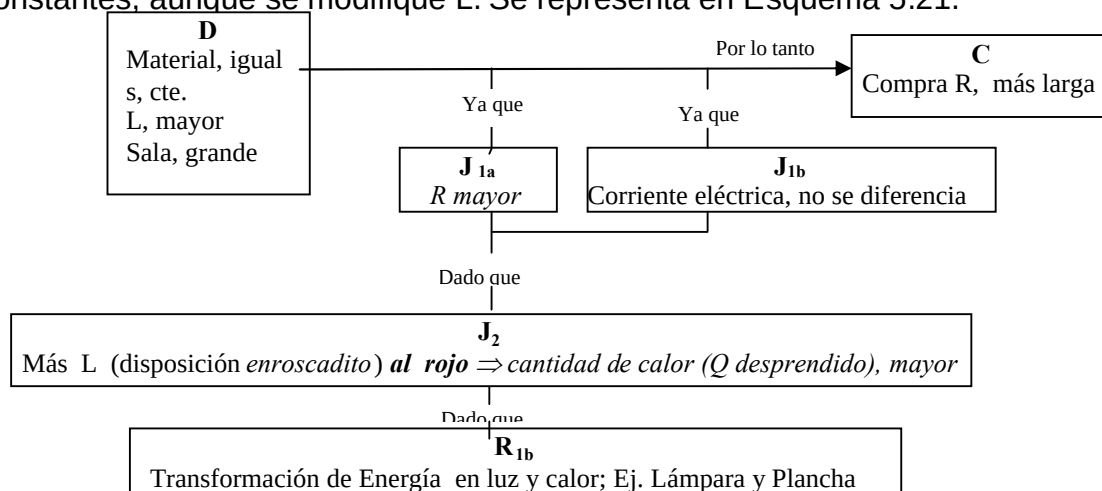
24. O: ...Al hablar de transformaciones de la energía uno puede decir que existen distintos tipos de energía que se pueden transformar unas en otras...una enchufa una plancha para lograr un determinado calor... también enciende una lamparita, y en ese caso la lamparita tiene un filamento que se pone al rojo que le da luz necesaria para iluminarse..... En este caso usamos a la misma corriente que sirve para tantas cosas en una transformación en calor

La resistencia mayor tiene más espiras y por lo tanto mayor longitud de alambre *al rojo*, lo que supone un *mayor desprendimiento de calor*. Esto apoya nuestra interpretación del discurso del profesor Oscar respecto a que la resistencia de mayor longitud, es decir *más alambre caliente*, supone *mayor transferencia* de energía y por lo tanto mayor *cantidad de calor desprendido*.

24. O: ...La oposición al pasaje se manifiesta lo mismo que con la luz o con el calor de la plancha...Entonces acá elegimos una de resistencia mayor. O sea mayor en cuanto longitud, porque entonces va a tener más vueltas. Si está enrollada o más longitud..., más centímetros de algo que está en rojo, que va a desprender mayor cantidad de calor.

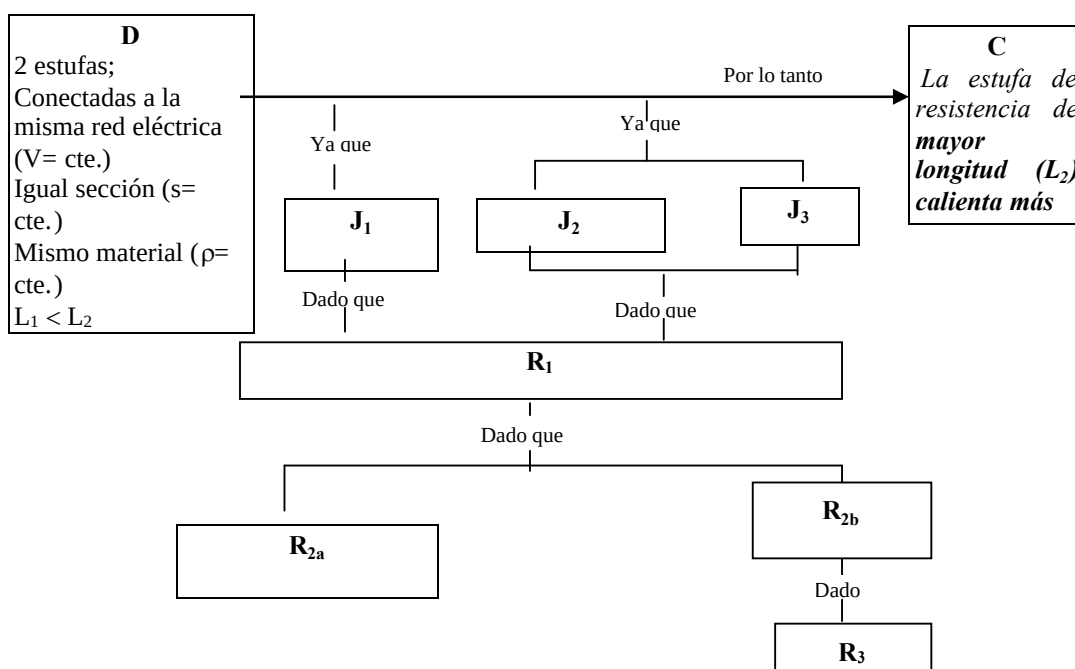
Resulta interesante la expresión *más centímetros de algo que está en rojo*.

Razona en términos de determinada cantidad de calor por unidad de longitud, igual en ambas resistencias. De manera que le resulta coherente sostener que a mayor longitud se desprenderá mayor cantidad de calor. El profesor Oscar en ningún momento del discurso distingue que una resistencia esté más *al rojo* que otra, por lo que supone que la energía transferida depende de las dimensiones de la resistencia, tratando la corriente eléctrica y la resistencia eléctrica como constantes, aunque se modifique L. Se representa en Esquema 5.21.



Esquema 5.21: Argumento basado en ejemplos de artefactos, *Ep_o#3* instancia individual de Oscar

A partir de los resultados del análisis de la construcción argumentativa que realiza el profesor Oscar al resolver la situación en la instancia individual, se compara su argumento con el referencial basado en modelo analógico. Es evidente que no lo utiliza (Esquema 5.22).



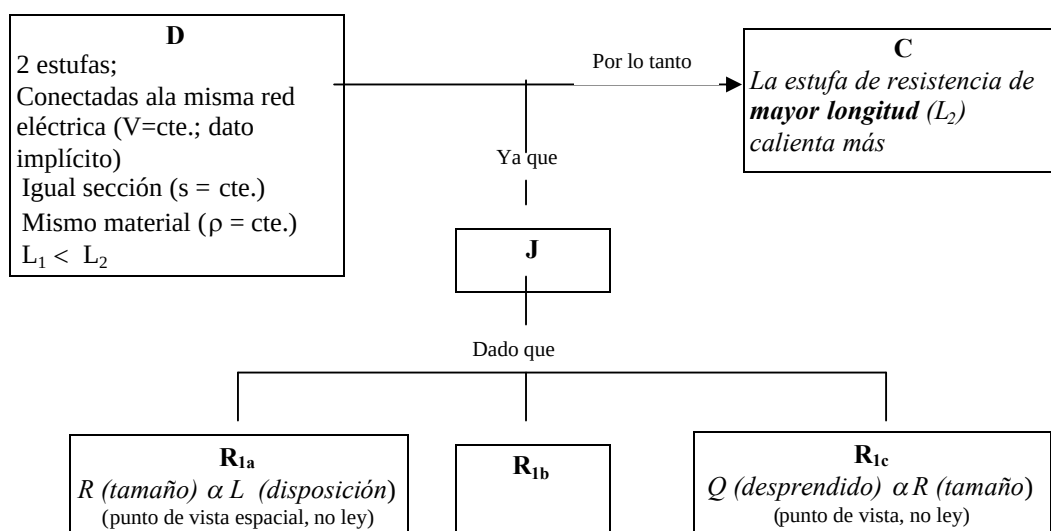
Esquema 5.22: Comparación argumento del profesor Oscar en instancia individual, con el referencial basado en un modelo analógico

Finalmente la comparación con el referencial basado en las leyes de la electricidad, pone en evidencia que no utiliza ninguna, además de no diferenciar la intensidad de corriente.

Sin bien se encontraron relaciones que aparentan estar asociadas con las leyes de electricidad, debemos señalar que son relaciones que el profesor utiliza desde la perspectiva de otro campo de conocimiento que en ciencia se conoce como formas de propagación de calor.

Las relaciones R (tamaño físico) $\propto L$ (disposición) y Q (desprendido, pasa o dado) $\propto R$ (tamaño) no se pueden considerar como leyes de la electricidad (Esquema 5.23), por lo que la comparación con el referencial nos daría etiquetas vacías. Así se recoge, posteriormente, en Tabla 5.14, donde se muestran los perfiles argumentativos.

El siguiente Esquema 5.23 pone de manifiesto la construcción argumentativa que surge del análisis de este episodio.



Esquema 5.23: Comparación argumento del profesor Oscar en instancia individual, referencial elaborado a partir de las leyes de la electricidad

Del análisis del discurso del profesor Oscar en la instancia individual se ha puesto de manifiesto que las dimensiones sección y longitud de la resistencia se interpretan alternativamente y está fuertemente influenciado por la disposición en espiral del conductor. Se interpreta *sección* como sección de la espiral o vuelta del *enrolladito*. Luego a menor sección, el enrolladito es menor, el *desprendimiento* de energía es mayor. Se interpreta *longitud* como longitud de la espiral o longitud ocupada por las vueltas del *enrolladito*. Luego a mayor longitud, el enrolladito abarca más espacio, y el *desprendimiento* de energía es mayor.

De no prestar debida atención es difícil detectar que no se utilizan los datos sección y longitud como dimensiones de la resistencia, según se entienden desde la relación de R en función de sus dimensiones.

Representa otro *riesgo didáctico* construir el discurso escolar a partir de la interpretación de los datos, tan disímil en lo que representan pero de tanta similitud de apariencia en los enunciados expresados durante la construcción del argumento sobre el fenómeno motivo de estudio. Este hecho inédito brinda información de valor sobre el problema de la interpretación de las dimensiones de

la resistencia que generalmente se utilizan sobreentendiendo que el profesorado sabe de qué se habla.

El discurso del profesor Oscar se caracteriza por su breve extensión, utilizar términos simples y, salvo alguna duda, tiene un estilo comunicacional sencillo, con actitud de autoridad en el conocimiento de la situación que respalda con ejemplos de la vida cotidiana. El problema está en como enmascara la interpretación de los *datos en bruto* (Jiménez Aleixandre y Díaz de Bustamante, 2003) y como, aún cuando parece exhibir cambios en sus decisiones, sustenta las argumentaciones desde una misma perspectiva.

5.1.2. a.3 Profesora Clara (C)

De la aplicación de la actividad del problema auténtico a la profesora Clara en instancia individual, resulta un discurso de cuya transcripción se obtienen 31 líneas de intervención (Anexo III, apartado III.2.1.3, pp.552), identificando *episodios* que se caracterizan en Tabla 5.10.

Episodios	Líneas de Intervención	Aspectos sobresalientes de cada Episodio del Discurso de la profesora Clara
Epc#1	1-9	Lectura del problema. Desvalorización comprensión del profesorado no especialista en la disciplina, destinatario de la argumentación
Epc#2	10-11	Toma de decisión: conclusión comprar R más larga y justificación basada en la relación longitud, resistencia y cantidad de calor
Epc#3	12-19	Analogía con calefactor a gas. Calorías como estrategia de asociar Q con R
Epc#4	21-31	Dificultad para argumentar desde otra perspectiva. Excusación poniendo el problema en el destinatario. Referencia a terminología científica que supone el destinatario es incapaz de interpretar. Reiteración desvalorización del destinatario

Tabla 5.10: Caracterización de episodios de discurso de la profesora Clara en instancia individual

En el episodio *Epc#1*, la profesora Clara lee el problema, e inmediatamente emite opinión desvalorizando la capacidad de comprensión que prejuzga tiene el profesorado no especialista en Física. Respecto al profesorado de Literatura, por ejemplo opina lo siguiente. 9. C: *Y...que no saben, no entienden nada*.

Sin embargo, en el episodio *Epc#2*, la profesora Clara, por formación es especialista en la disciplina, de la lectura del problema selecciona sólo el dato que varía, la longitud. Dejando fuera, datos sustantivos tal como que ambas estufas están conectadas a igual diferencia de potencial. Sobre esta *transformación de*

datos, centra el argumento en relación con la longitud, tomando la decisión de comprar, *sin duda*, la resistencia de mayor longitud.

11. C: *considerando que las resistencias son de igual sección, son del mismo material pero una tiene mayor longitud que la otra... voy a elegir, sin duda, la que tiene mayor longitud en cuanto a resistencia...*

Tal *sin duda*, se emite desde una pretendida autoridad de conocimiento que parece no necesitar reflexión sobre tal saber. Resulta interesante notar como la profesora revierte la carga de su propia dificultad para argumentar, ya que deslinda responsabilidad ubicando el problema en la incapacidad de entendimiento que supone tiene el profesorado no especialista en Física, destinatario de su argumentación. ¿Será problema del destinatario?

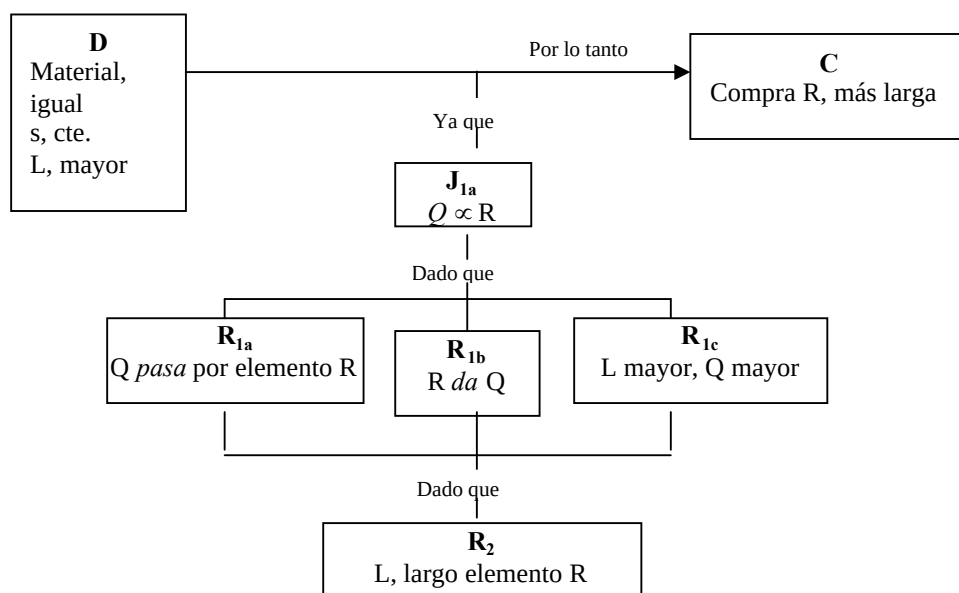
Bastaron pocas palabras, para notar la polisemia en el uso del término resistencia y la presencia de ideas alternativas, por parte de esta profesora de Física. Se observa que utiliza el término resistencia como elemento de circuito y, casi en simultáneo, como acción; también afirma que la *cantidad de calor pasa*, idea alternativa respecto a que la energía o el *calor fluye*.

11.C ... *para explicarle a mis compañeros que no van a entender nada, yo les diría que...la cantidad de calor que pasa por la resistencia de un conductor está directamente relacionada con...la resistencia...*

Obligada por la situación a construir argumentos sobre la decisión tomada, aplica la relación de proporcionalidad directa entre resistencia de mayor longitud y cantidad de calor. Esta parte del enunciado, sostiene que la resistencia *da* cierta *cantidad de calor*, mientras al inicio de la misma intervención sostuvo que éste *pasaba* por la resistencia. No es lo mismo *dar* que *pasar*, en el primer caso podría suponer un proceso de transformación de energía, pero *pasar* supondría modelo de fluido. En cuanto al dato longitud, podría interpretarse que lo toma como la longitud de la resistencia. La ausencia de expresar relación entre R y sus dimensiones, apoya tal interpretación. ¿Qué interpretará, un destinatario no especialista en la disciplina?

11.C: *...te voy a decir cuanto más "larga" sea la resistencia mayor cantidad de calor te tendría que dar...me quedaría con la resistencia que tiene mayor longitud.*

El argumento de este episodio se representa en el siguiente Esquema 5.24.



Esquema 5.24: Argumento basado en relación elemento resistencia y cantidad de calor, en $Ep_C\#2$ instancia individual de profesora Clara

Se observa el lugar que ocupa en el argumento la relación proporcional entre cantidad de calor Q y resistencia. Conviven dos respaldos diferentes, por un lado al pensarlo como paso de Q , predomina el *tamaño* de la resistencia; por otro al pensarlo como transferencia de energía, predomina el valor de R como *acción*. Sin embargo en ninguno de los dos casos el valor de R se relaciona con la L . Esta dimensión de la resistencia, cumple más el papel de espacio para *dar* o *pasar cantidad de calor*, que el de variable de la resistencia como magnitud, en cuanto a que es una variable independiente de la determinación de la transformación de energía. La resistencia se toma como un elemento conductor de calor, además de *intercambiador de calor al ambiente*, expresado como *dar calor*.

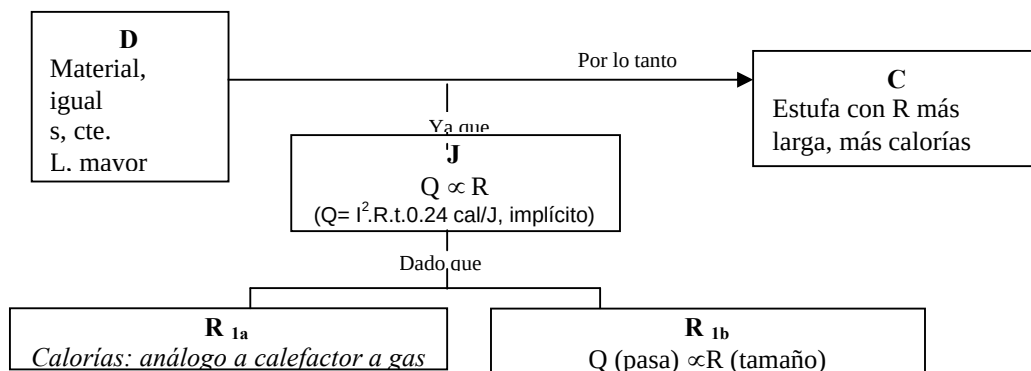
En el episodio $Ep_C\#3$, queda de manifiesto que la profesora Clara no encuentra otra perspectiva, además de no profundizar sobre el soporte de la relación entre cantidad de calor y la resistencia. La profesora Clara reconoce sus propias limitaciones, ya que expresa *no sé como explicártelo de otra manera*.

Sin embargo, activa la estrategia docente de buscar respaldo en lo cotidiano. Recoge la unidad de medida *calorías*, para ilustrar la situación y plantear el análogo entre el calefactor a gas y la estufa. El argumento es persuasivo, más no explicita conocimiento científico sobre la cuestión de la transformación de energía en la resistencia eléctrica.

Con la mención de *calorías* vinculada a la transformación de energía en un calefactor a gas, pretende la asociación con la transformación de energía eléctrica en la resistencia óhmica de una estufa eléctrica. Téngase en cuenta que el término caloría, según Hewitt (1999, pp.313) representa un residuo histórico de la antigua idea de calor como fluido invisible llamado calórico. En algunos países se atraviesa por un período de transición para adoptar el Sistema Internacional de unidades (SI) en el cual la cantidad de calor se mide en Joule, unidad SI para todas las formas de energía. La realidad muestra, en contexto de investigación, que el material de divulgación comercial indica el valor energético de los calefactores de gas, en calorías, por ejemplo calefactor de 2000 calorías. Últimamente se observa que, sin distinguir entre Calorías y Kilocalorías, el material comercial comenzó a indicar la potencia térmica expresada en Kcalorías/h. Dependería del conocimiento del ciudadano convertir estos valores a watt (J/s), para contar con elementos comparativos entre la potencia del calefactor y de la estufa eléctrica.

Sobre esa idea, establece la vinculación formulando términos del campo de la electricidad, indicando la proporcionalidad directa entre la magnitud R y Q. Evidencia que aquella relación $Q = I^2 \cdot R \cdot t \cdot 0.24 \text{ cal/J}$ que sostiene la idea, se simplifica en función de una única variable $Q = f(R)$ y que la ley se respalda sobre un análogo que privilegia el tamaño físico del elemento en relación con la cantidad de calor, según se observa en Esquema 5.25.

13. C: **No sé como explicártelo de otra manera... Yo veo que la cantidad de calor que *pasa*... Vos sabés que el calefactor de tu casa son en calorías... y si vamos a comprar una estufa a vos te interesa cuántas calorías te brinda. Entonces, es directamente proporcional la resistencia con la cantidad de calor que te otorga, es decir va a tener mayor calorías la estufa que tenga mayor longitud.**



Esquema 5.25: Argumento análogo con calefacto a gas,
Ep#3 instancia individual de profesora Clara

En el último episodio *Ep_C#4*, reconoce la dificultad que representa *explicar* y *convencer* a un destinatario, respecto a la decisión tomada.

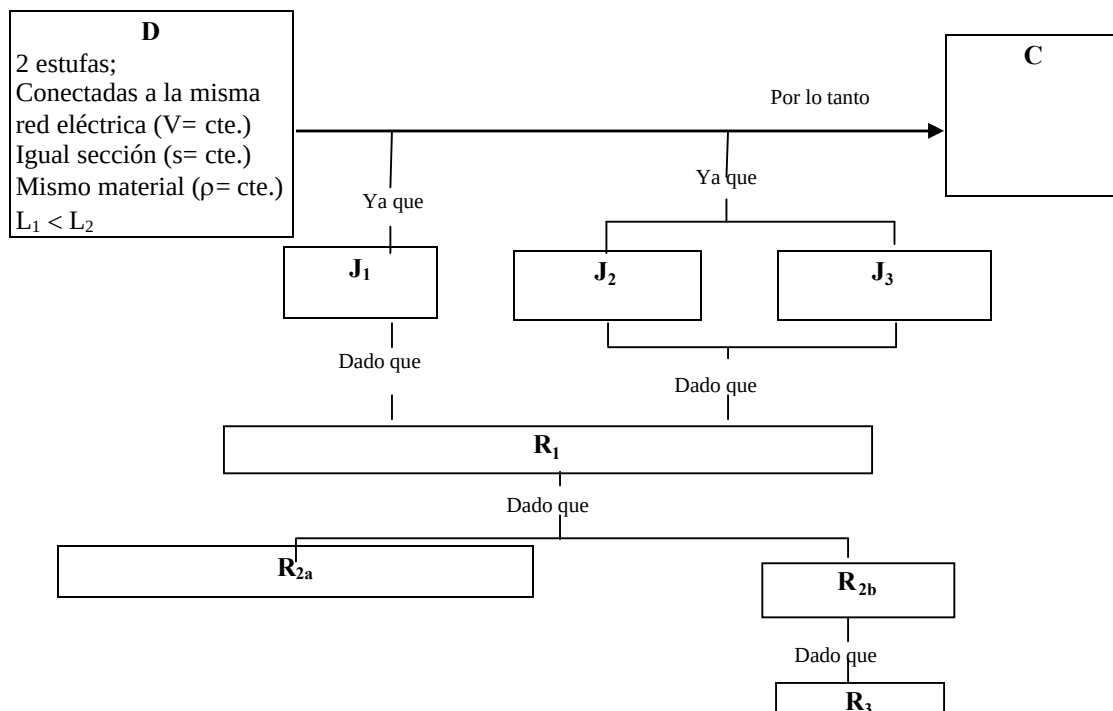
21. C: **No sé** como explicártelo de otra manera

23. C:....**No sé** como te puedo convencer de que esa es la mejor.

Sin embargo, continúa transfiriendo la dificultad al destinatario, liberándose del problema. La honestidad de decir *no sé*, queda empañada por la actitud de poner el problema en el destinatario. Recurso de poner distancia y enajenar el problema, de modo que no quede al descubierto la falta de competencias didácticas o de conocimiento científico del profesorado.

27. C: *Entendiste hasta ahí? Y... Decir por ahí, bueno, porque tampoco **creo que no te interesa** mucho si decimos bueno, hablemos de trabajo calórico, trabajo eléctrico o KW-h que te brinda la usina. **Creo que tampoco eso de interesa.***

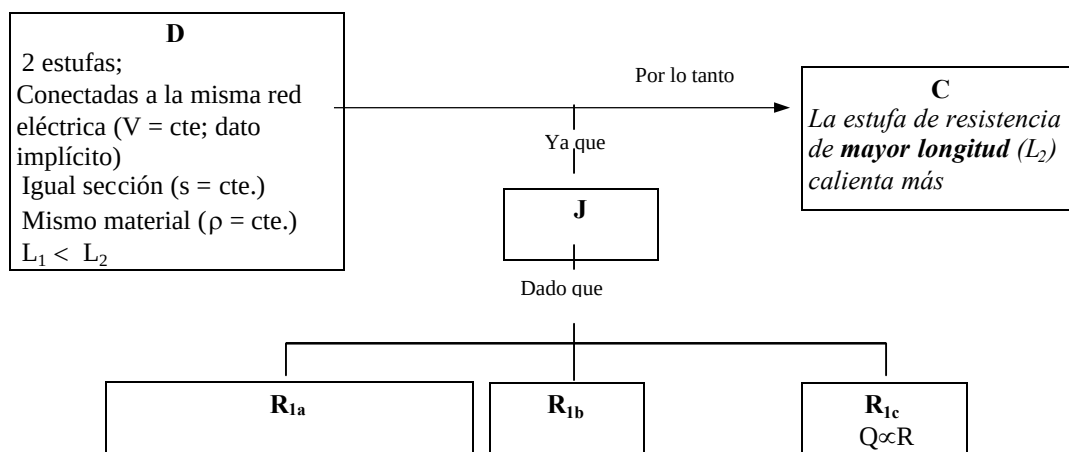
Finalmente, resultado del análisis del discurso de la profesora Clara, se han puesto de manifiesto elementos de argumentación que se contrastan con los referenciales de investigación. En el Esquema 5.26. se evidencia que no utiliza el modelo analógico, quedando vacíos la totalidad de los cuadros.



Esquema 5.26: Comparación argumento de la profesora Clara en instancia individual, con referencial basado en un modelo analógico

De igual manera que en la comparación del argumento del profesor Oscar, en Esquema 5.23, se consigna una relación que si bien simula un respaldo de R en función de L, no lo es tal, dado que R (*tamaño*) $\propto L$ (*disposición*) reviste las mismas consideraciones que las hechas explícitas en aquella ocasión.

Seguidamente, en el Esquema 5.27, se compara con el referencial basado en leyes de electricidad, mostrándose que sólo se utiliza la relación entre cantidad de calor en función de la resistencia, $Q \propto R$.



Esquema 5.27: Comparación argumento de la profesora Clara en instancia individual, con referencial elaborado a partir de las leyes de la electricidad

La comparación con el referencial del contenido académico deseable, resulta contundente para poner de manifiesto que es prácticamente nula la utilización de elementos de argumentación, tanto en relación con el referencial basado en modelo analógico como en el basado en las leyes de electricidad.

Sin embargo es notable la recurrencia a exhibir terminología académica que podría utilizarse en el argumento pero queda como mera cita de autoridad del profesorado pues, como le ocurre a la profesora Clara, no logra aplicarla a la explicación de la evidencia, aunque mantiene la postura de que el problema es del destinatario, que no es capaz de entender, y no del profesorado que construye el argumento. Llama la atención, porque si hay algo que debería caracterizar a la profesión docente es precisamente explicar y argumentar utilizando el conocimiento nuevo ante quien lo desconoce. Excusarse para no elaborar argumentos académicos, resulta contradictorio con el ejercicio de enseñar ciencia.

El conocimiento de esta situación lleva a reflexionar respecto a que la toma de decisión argumentada científicamente, debería ser indelegable en la enseñanza de las ciencias en contextos escolares. ¿De qué vale la exhibición de conocimiento declarativo por parte del profesorado, si no es capaz de utilizarlo en el momento y en la situación oportuna? Resulta poco *honesto* enmascarar la falta de *competencia* (Pro Bueno, 2007b) docente para elaborar argumentos que hagan uso del conocimiento académico, recurriendo a la estrategia de desmerecer el interés y competencia del destinatario que aprende de la situación.

5.1.2. a.4 Profesora Rosa (R)

De la aplicación de la actividad del problema auténtico a la profesora Rosa en instancia individual, resulta un discurso cuya transcripción consta de 29 líneas de intervención (Anexo III, apartado III.2.1.4, pp.553), identificándose episodios que se caracterizan a continuación (Tabla 5.11).

Episodios	Líneas de Intervención	Aspectos sobresalientes de cada Episodio del Discurso de la profesora Rosa
Ep _R #1	1-3	Interpretación de datos del problema.
Ep _R #2	4-7	Esfuerzo por recordar fórmula: R en función de dimensiones. Toma de decisión, basada en R depende de L.
Ep _R #3	9-15	Excusa por no recordar cuestiones de Física. Relación mayor L, mayor R, calefacción más rápido
Ep _R #4	16-29	Reconoce problema para argumentar. Recupera Ley de Ohm, interpreta con error: R mayor, I mayor. El calentamiento se vincula con R mayor, no opera I.

Tabla 5.11: Caracterización de episodios de discurso de la profesora Rosa en instancia individual

En el episodio *Ep_R#1*, la profesora Rosa identifica como datos las dimensiones y el material de la resistencia de la estufa, centrándose en aquel dato que varía, la longitud L.

3. R: *Bien, así que tenemos dos estufas que tienen... las resistencias son.... son del mismo material y de distinto... a no de igual sección y una tiene mayor longitud que otra.*

Continúa en el episodio *Ep_R#2*, centrando la resolución en la recuperación de la fórmula que relaciona la resistencia con sus dimensiones y el material, aunque según afirma, debido a que hace mucho tiempo que no enseña Física no logra su correcta expresión (opera *sección* como factor, en vez de divisor). De

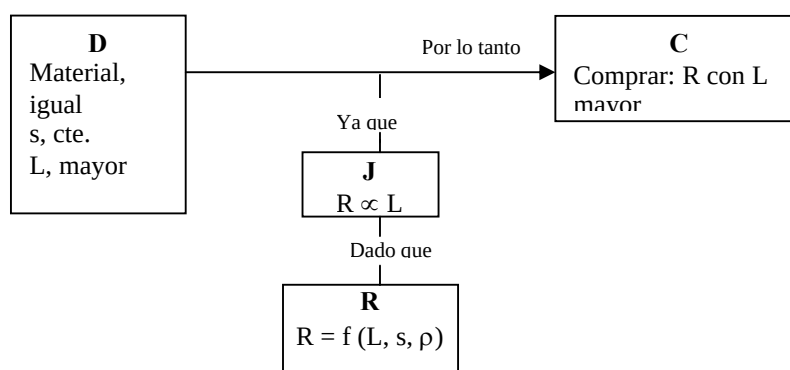
todos modos, logra rescatar la relación en que basa su decisión: que la resistencia depende de la longitud.

5. R: *Bueno, cual sería la que elijo..., esperate que no me acuerdo mucho... hace tanto que no veo Física.....La resistencia depende de la longitud....Si no recuerdo mal era... la sección por la longitud y el material tenía que ver... y era con una tablita que la verdad no me acuerdo.*

La relación directamente proporcional entre R y L, le resulta suficiente para su toma de decisión: comprar la estufa cuya resistencia tiene longitud mas larga.

7. R: *...La resistencia depende de la longitud sí que supongo que a mayor longitud...mayor R, por lo tanto elegiría la que tiene mayor longitud.*

Está visto que ha tomado la decisión, sin que haya expresado ninguna mención que justifique el mayor calentamiento. Simplemente enunciar que R es mayor, le es suficiente como justificación de que la estufa calienta más. Lo analizado se vuelca en el Esquema 5.28.

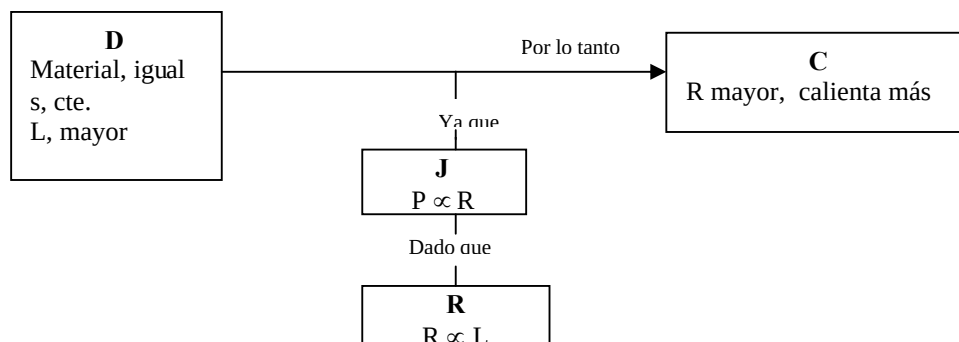


Esquema 5.28: Argumento basado en relación entre L y R,
Ep_R#2 instancia individual de profesora Rosa

Ante la intervención de la ayudante que registra el discurso, quien demanda se vincule la decisión tomada con el fenómeno de calentamiento, en el Ep_R#3, la profesora Rosa reconoce que no cuenta con otros elementos para la argumentación (...no sé), ni evalúa la posibilidad de resolverlo desde otra perspectiva. Reitera el uso del razonamiento causal: *mayor longitud, mayor resistencia, calefacción más rápido*. Esta asociación de rapidez de calefacción, podría vincularse con la concepción de potencia eléctrica, P.

11. R: *...Al tener mayor longitud la resistencia...la estufa daría una calefacción mucho más rápido, no sé...*

El siguiente Esquema 5.29, representa al argumento que subyace en este episodio.



Esquema 5.29: Argumento relación entre resistencia y calentamiento, *Ep_R#3 instancia individual de profesora Rosa*

La argumentación continúa encorsetada en una única perspectiva de resolución, aún cuando la ayudante introduce un elemento nuevo en el discurso, como es la corriente eléctrica.

18. IA: *¿Por qué te imaginás vos que me va a calefaccionar más la larga?. ¿Qué tiene que ver la **corriente** que pasa por una más larga que por otra más corta? ¿Qué tiene que ver la corriente?.*

La mención de corriente resulta tan forzada para la profesora Rosa, que hasta consulta si se habla de corriente eléctrica. Esta visto que recoge el término para introducirlo en las relaciones causales, que respalda mediante la exhibición de una relación en cuyo enunciado se presentan I y R. La ley de Ohm surge como tal, reacomodando su interpretación en la línea de continuar con el argumento basado en una resistencia mayor.

21. R: *La resistencia también depende de la intensidad de corriente.*

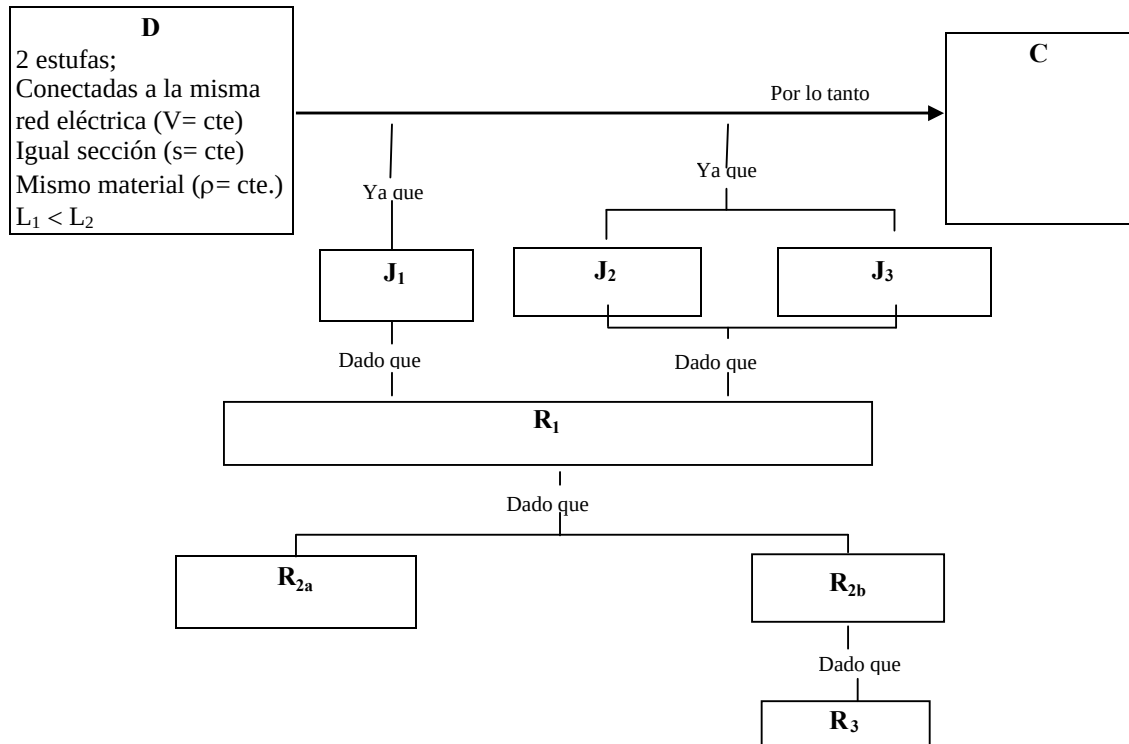
23. R: *Si la ley $R \cdot I = V$... Resistencia por intensidad igual a diferencia de potencial por consiguiente a tener mayor resistencia pasaría mayor cantidad de corriente...*

Aunque cuenta con una herramienta fundamental de la electricidad, la Ley de Ohm expresada por su fórmula, establece la relación alternativa entre mayor resistencia mayor intensidad de corriente, de manera que por un lado evita el conflicto de la relación inversa entre R e I, que claramente surge de la lectura de la ley y acomoda la relación en la que se fundamenta a la conclusión tomada.

25. R: *Te digo la verdad, creo que depende la resistencia de la longitud, por lo tanto yo razonaría que si tengo una longitud mayor, la resistencia sería mayor y pasaría mayor intensidad de corriente.*

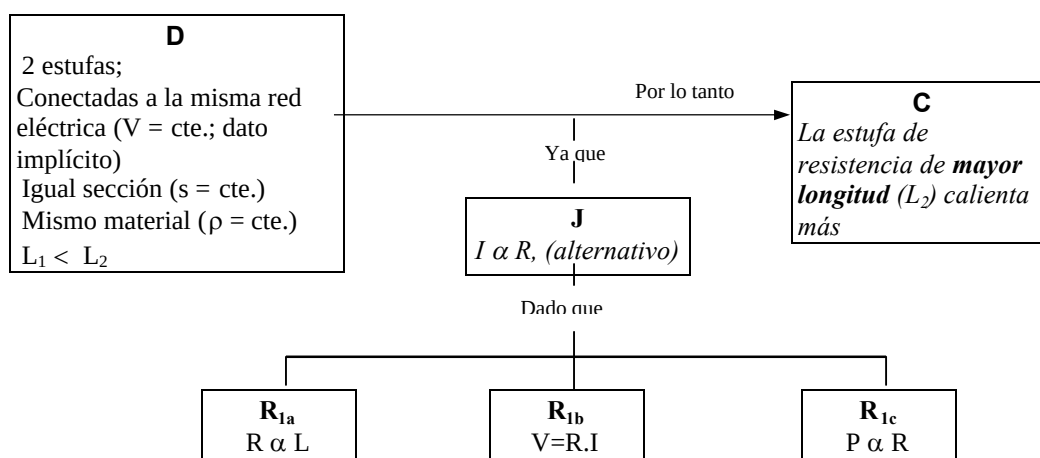
Evidentemente, la presencia de la Ley de Ohm no se utiliza con el fin de contribuir a la resolución académicamente correcta del problema. Más aún, se adapta su interpretación, incurriendo en evidente error, al argumento elaborado

previamente. Resultado del análisis y siguiendo la metodología, se procede a comparar el argumento de la profesora Rosa con los referenciales de investigación. Respecto al basado en modelo analógico se nota en los cuadros vacíos del Esquema 5.30, que el argumento no utiliza elementos del referencial.



Esquema 5.30: Comparación argumento de la profesora Rosa en instancia individual, con referencial basado en un modelo analógico

Seguidamente se compara con el basado en leyes de electricidad, que muestra qué poco se activan éstas, Esquema 5.31.



Esquema 5.31: Comparación argumento de la profesora Rosa en instancia individual, con el referencial elaborado a partir de las leyes de la electricidad

Este Esquema 5.31, basado en las leyes de la electricidad, pone de manifiesto la presencia de las tres leyes del referencial, aunque dos de ellas son relaciones parciales. Es evidente que la interpretación que se hace de ellas establece una vinculación alternativa, que conduce a la conclusión no académicamente correcta.

La intervención individual de la profesora Rosa evidencia su postura ante la enseñanza de la Física, con un reconocimiento expreso acerca de sus carencias para resolver el problema. Carencias que justifica por la falta de desempeño en el ejercicio de la docencia en la disciplina, específica de su carrera de profesorado en Física y Química. Llama la atención que se esgrima como problema la no oferta de materias de Física, cuando por el contrario lo que falta es profesorado de la disciplina. Más adelante, en la instancia en grupo saldrá a relucir la razón fundamental, **no le gusta la Física**.

La resolución del problema a través del intento de recordar las fórmulas de las leyes de la electricidad, aunque sea incompleta, fortalece la relación que justifica la conclusión ya formada sobre que L mayor, R mayor, calentamiento mayor. Hay que señalar que la formulación correcta de una ley, no garantiza la vinculación entre variables ni su correcta utilización durante la construcción de argumentos para la resolución del problema. Claro ejemplo es la relación alternativa entre R e I .

Se identifica otro *riesgo didáctico* más para la enseñanza, la utilización de leyes de forma inconexa, incorrectamente interpretadas y condicionadas por decisiones ya tomadas.

Conclusiones de la construcción argumentativa del profesorado en ejercicio en instancia individual

La totalidad del profesorado en ejercicio, de la muestra investigada, elaboran individualmente la misma conclusión alternativa: *comprar la estufa de resistencia más larga*. En Tabla 5.12 se muestra la comparación entre el conocimiento utilizado por cada participante y el que requiere la resolución del problema auténtico, según el referencial.

Operación argumentativa	Conocimiento científico utilizado en la toma de decisión				
	Profesorado en Ejercicio				Referencial
	Zulma	Oscar	Clara	Rosa	
Dato	s, L (del tubo)	s, L, tamaño sala	L	s, L	V, ρ , s, L
Justificación	L mayor intercambia mayor cantidad de calor con ambiente	R mayor <i>desprende</i> más Q L mayor intercambia mayor cantidad de calor con ambiente	L mayor intercambia mayor cantidad de calor con ambiente	R mayor	Intensidad de corriente (I) mayor
Respaldo	Mayor n° de interacciones R proporcional a L Tamaño de artefactos (tubo fluorescente, calefactor)	disposición espiral del conductor. Ej. plancha, lámpara	Q proporcional a R Ej. calefactor	R proporcional a L Ley de Ohm	a) Potencia eléctrica; b) Ley de Ohm; c) R en función de sus dimensiones Modelo corpuscular
Conclusión	La estufa de R más larga calienta más	La estufa de R más larga calienta más	La estufa de R más larga calienta más	La estufa de R más larga calienta más	La estufa de R más corta calienta más

Tabla 5.12: Comparación del uso del conocimiento científico durante la construcción individual del argumento sobre el problema auténtico, por parte del profesorado en ejercicio.

En Tabla 5.12, se pone de manifiesto que durante la toma de decisión individual, los argumentos esgrimidos por el profesorado en ejercicio en ningún caso toman como dato la diferencia de potencial constante, centrando el razonamiento en la variación de la longitud (L) de la resistencia.

La mayoría del profesorado, tres de cuatro, abordan la variación de la resistencia en cuanto a tamaño físico del elemento del circuito, no así como magnitud eléctrica de dicho elemento. Desde ese punto de vista la longitud (L) se evalúa como dimensión en relación con los estudios de *intercambio de calor* entre el material caliente y el ambiente, que es distinto a su función en relación con el valor de resistencia eléctrica. El análisis específico del discurso muestra esta situación, pero es poco probable que de la simple audición pueda detectarse la interpretación que se da al dato longitud.

Prácticamente no elaboran argumentación que resuelva el problema planteado, se limitan a recurrir a ejemplos de otros artefactos que se calientan, aún algunos donde el fenómeno de calentamiento nada tiene que ver con la energía eléctrica, como es el caso de los calefactores a gas. En definitiva intentan *convencer* al destinatario de que el mayor o menor tamaño de un artefacto es condición para calentar o iluminar más. Cuestiones que en el campo de la electricidad no se cumplen y menos aún tecnológicamente, pues se reduce el tamaño para obtener mejores prestaciones.

El resultado de la comparación entre los argumentos de los profesores en ejercicio en la instancia individual, con el referencial basado en el modelo analógico, se indica en la Tabla 5.13. De la misma surge qué datos, qué justificaciones y respaldos aparecen en el argumento de la profesora Zulma, única que utiliza la analogía, en la instancia individual analizada.

Elemento del argumento		Zulma	Oscar	Clara	Rosa
DATOS					
V cte					
= sección		s (del tubo)			
= material					
≠ L		L (del tubo)			
JUSTIFICACION					
R mayor		R, mayor			
I mayor					
Velocidad de arrastre mayor					
RESPALDO					
Intercambio de energía cinética en calor	Depende del n° de interacciones	n° choques, mayor			
	Depende de la Ec. De los electrones				
n° interacciones $\propto$ n° átomos		Más choques, en más L			
n° átomos $\propto$ L		Más cargas, en más L			
Ec de los electrones $\propto 1/L^2$	Velocidad de arrastre $\propto$ I				
	I $\propto 1/L$				
CONCLUSION					
La resistencia de menor longitud		La resistencia <i>de mayor</i> longitud			

Tabla 5.13: Perfil argumentativo del profesorado en ejercicio, instancia individual, basado en modelo analógico

La Tabla 5.13, pone de manifiesto que la profesora Zulma utiliza un argumento basado en algunos elementos del modelo analógico. Toma aquellos datos que permiten cuantificar el valor de la resistencia, desde el supuesto implícito de que la velocidad de arrastre de los electrones (v_d) no se diferencia es constante, que sostiene se relaciona con el número de interacciones y estas, a su vez, son directamente proporcionales al número de átomos y a la longitud de la resistencia. El resto del profesorado en ejercicio, de la muestra, en su discurso individual no utiliza elementos del modelo analógico.

A partir de la información que surge de los esquemas comparativos de los argumentos de cada uno de los participantes en la investigación con el referencial basado en las leyes de electricidad, es posible volcar los resultados organizados en la Tabla 5.14. El proceso ha consistido en indicar qué datos, qué justificaciones y respaldos aparecen en el argumento de la profesora Rosa, la única que utiliza

las tres leyes de la electricidad, y la profesora Clara que utiliza solo una de ellas bajo la expresión de cantidad de calor (Q).

Recordemos que el papel que el profesor Oscar y la profesora Clara otorgan a la longitud es puramente de espacio ocupado por la resistencia, razón por la cual no aparecen las leyes de la electricidad en la Tabla 5.14.

Elemento del argumento		Zulma	Oscar	Clara	Rosa
DATOS					
V cte.					
= sección				s	s
= material					=material
≠ L				L (tamaño del elemento)	L
JUSTIFICACION					
I mayor					$I \propto R$ (alternativo)
RESPALDO					
$R = \rho \cdot L / s$					$R \propto L$
$V = I \cdot R$					$V = I \cdot R$
P=	V.I				
	$I^2 \cdot R$			$Q \propto R$	$P \propto R$
	V^2 / R				
CONCLUSION					
La resistencia de menor longitud				La resistencia de mayor longitud	La resistencia de mayor longitud

Tabla 5.14: Perfil argumentativo del profesorado en ejercicio, Instancia individual, basado en las leyes de electricidad

Se pone de manifiesto que el profesorado, a partir de la lectura del problema, toma los datos que se refieren a las dimensiones y naturaleza de la resistencia pero que ninguno de ellos reconoce como dato la diferencia de potencial (V). A partir de esos datos establecen la relación directamente proporcional entre resistencia y longitud. En algunos casos lo hacen desde la interpretación en la que se supone que una mayor longitud de material conductor implica mayor tamaño del la resistencia, en cuanto a espacio que ocupa. Sólo en el caso de la profesora Rosa se evidencia que la relación se sustenta desde la perspectiva de la magnitud de R en función de L, aplicando $R = \rho \cdot L / s$. Mientras que el profesor Oscar y la profesora Clara, resuelven el problema desde el conocimiento cotidiano, ilustrado con ejemplos de otros artefactos.

Ninguno participante distingue que la intensidad de corriente eléctrica es diferente en los dos circuitos, por lo tanto en la comparación de los mismos no se considera I como variable. Se argumenta en términos de transformación de energía en calor y se encuentra que la expresión de la cantidad de calor se

asemeja más a la expresión de potencia eléctrica expresada de la forma $P=I^2.R$, que con las otras formas donde se utiliza V .

La correcta interpretación de la expresión de potencia eléctrica, pone en evidencia que la variación de I influye más en P que el cambio de R . En el caso de que I se considere constante, se entiende el razonamiento centrado en la relación directamente proporcional entre R y P , a través de la relación entre R y Q que plantea el profesorado. Claro que esto es desconocer que el problema real plantea tomar decisiones a partir de dos circuitos distintos, donde R e I son distintos.

Ya se ha indicado que la investigación educativa ha mostrado que alumnado y profesorado tienden a explicar aquello que cambia y no lo que se mantiene constante. Por lo tanto en el caso que nos ocupa, si I se considera constante seguramente no será parte del argumento. Esto lleva a preguntarse si acaso los participantes de la muestra no captan que la situación plantea el estudio de dos circuitos que son distintos. Quizás no aplican el conocimiento que tienen sobre la Ley de Ohm. Aunque se ha visto que la profesora Rosa, aún disponiendo de la ley, establece la vinculación alternativa entre R e I .

Los resultados muestran que el profesorado en ejercicio tiene formación sobre cuestiones de electricidad, pero quizás la forma en que se aprendieron o los textos escolares centran el discurso en aspectos que refuerzan este tipo de razonamiento centrado en la resistencia y que no permite realizar un razonamiento amplio sobre todo el circuito concebido como sistema.

El hecho de que distintos profesores y profesoras, que circunstancialmente coinciden en un mismo curso oficial de formación permanente, en el marco de la reforma educativa, ante un mismo problema elaboren una argumentación alternativa con elementos basados en el conocimiento de las leyes de la electricidad pondría de manifiesto la existencia de aspectos comunes de su formación que influyen en su forma de razonar.

Esta visto que ni utilizando las leyes de la electricidad o el modelo analógico, ningún participante resuelve el problema que según se interpreta se asume conocido, tanto que no tienen dudas en su resolución. Queda expuesto que el profesorado ante este problema auténtico, que trata sobre un fenómeno

habitualmente enseñado por los mismos, actúa sin identificar que el problema en sí radica en comparar dos circuitos diferentes.

5.1.2.b. Otras dimensiones de la construcción de argumentos del profesorado en ejercicio, en instancia individual

A modo ilustrativo se referencia algunas operaciones epistémicas del discurso del profesorado en la instancia individual. En este caso, como las intervenciones fueron individuales no se realiza el análisis de interacción que si se presentó en el caso de la pareja de futuras profesoras y que volverá a aparecer en el estudio de la instancia grupal del profesorado en ejercicio.

Veamos algunas operaciones epistémicas, detectadas en pasajes del discurso individual del profesorado en ejercicio.

Definiciones

Se encuentran algunas *definiciones* relacionadas con el principio de transformación de energía.

31.Z:*la transformación de energía por el famoso principio: “la energía no se gana ni se pierde sino que se transforma”...*

También definiciones invocando fórmulas tales como Q en función de R, R en función de sus dimensiones y la Ley de Ohm.

13.C: ...*Entonces, es directamente proporcional la resistencia con la cantidad de calor que te otorga*

5.R:....*La resistencia depende de la longitud....Si no recuerdo mal era... la sección por la longitud y el material tenía que ver... y era con una tablita que la verdad no me acuerdo.*

...

23.R: *Si la ley $R.I=V$...Resistencia por intensidad igual a diferencia de potencial, por consiguiente a tener mayor resistencia pasaría mayor cantidad de corriente...*

Clasificaciones

En menor medida se establecen clasificaciones. Una que se encuentra alude a los diferentes tipos de energía, donde el calor se considera como tal.

24.O: ...*Al hablar de transformaciones de la energía uno puede decir que existen distintos tipos de energía que se pueden transformar unas en otras...En este caso usamos a la misma corriente que sirve para tantas cosas en una transformación en calor*

Relaciones causales

Son frecuentes las relaciones causales, algunas de ellas vinculan las interacciones tipo choque, con la energía.

25.Z: ...Entonces, al haber esos **choques** de electrones, vos sí tenés una **energía** que va **corriendo**.

31.Z: ... La energía eléctrica que ingresa al alambre que tenés adentro, es **ahí** donde **se produce la transformación cuando el alambre comienza** a ofrecerle la **resistencia**...

Otras relaciones intentan establecer la causa de la corriente eléctrica o su intensidad. Llama la atención por alterar el sentido de causa - efecto, tal como dice Zulma que los choques son causa de intensidad de corriente, idea que se relaciona con lo que afirma Rosa, que la resistencia depende de I.

25.Z: ...la intensidad de corriente supuestamente se produce por choques de electrones que van por un conductor

21.R: **La resistencia también depende de la intensidad de corriente**

También aparecen relaciones directas entre variables. Por ejemplo mayor longitud, mayor resistencia, mayor material al rojo, mayor desprendimiento de calor, entre otras.

8.O: Y...la que opone mayor resistencia, es la que más calor desprende

...

24.O: ... elegimos una de resistencia mayor...en cuanto longitud, porque entonces va a tener más vueltas. Si está enrollada o más longitud..., **más centímetros de algo que está en rojo, que va a desprender mayor cantidad de calor.**

...

11.R: ...Al tener mayor longitud la resistencia...la estufa daría una calefacción mucho más rápido, no sé...

...

25.R: ...si tengo una longitud mayor, la resistencia sería mayor y pasaría mayor intensidad de corriente.

Analogías

La resolución del problema desde la perspectiva del intercambio de calor o forma de propagación del calor en calefactores de gas, se pone como análogo a la situación planteada propia del campo de la electricidad. Evidencia que el problema no se resuelve desde el campo de la electricidad

13.C: ...Vos sabés que el calefactor de tu casa son en calorías... y si vamos a comprar una estufa a vos te interesa cuántas calorías te brinda

47.Z: ...**Es lo mismo que cuando vas a comprar un calefactor** . Por ahí te dicen los dos tienen la misma capacidad o sea... el **mismo formato**, nada más que una es un poco **más grande** porque tiene **más calorías**.

Construcción de datos

El problema enuncia datos, pero no se reconocen como tal aquellos en los que el valor es constante. Mientras tanto se centra la toma de datos en aquellos que varían.

Igualmente lo que más llama la atención es la dificultad para interpretar que los datos sección y longitud se refieren al alambre conductor que constituye la resistencia y no a la disposición de tal alambre sobre el soporte.

3.Z:... tienen igual sección pero una tiene mayor longitud que la otra...Mayor longitud a qué se refiere? Porque si te dice tiene igual sección: el tubo?.

5.Z: Ah! la sección.. O sea el diámetro

7.Z: Supuestamente hacemos un dibujo. Hagamos una estufa, que tiene el tubo,... supongamos que es así... desde ya que aquí van a ir las conexiones. Tenés la otra estufa con una conexión más larga. ...O sea que el alambre conductor que vaya acá adentro, que supuestamente, está en tubo espiral.

14.O: La sección del alambre es el mismo así que voy a tener una que tiene un enroscadito así y otra que tiene un enroscadito igual.

Transformación de datos

El dato de longitud se cuantifica como más larga en relación con el efecto deseable de comprar la estufa que calienta más. Se transforma dicho dato, vinculándolo con la radiación, desprendimiento o dar calor, o con el consumo de energía, todo ello asociado a una resistencia más grande.

9.Z: ...Quiere que **se irradie todo el calor posible**

...

6.O: ...tendría que ver cómo es la sala que quiere calefaccionar...Cuando yo digo que compro la de mayor o menor longitud estoy hablando del consumo... que va a tener el artefacto... también va a estar relacionado con la **cantidad de calor que desprenda**

...

11.C:... voy a elegir, sin duda, la que tiene mayor longitud en cuanto a resistencia...**la cantidad de calor que pasa por la resistencia** de un conductor está directamente relacionada con...la resistencia...cuanto **más “larga”** sea la resistencia **mayor cantidad de calor te tendría que dar**

...

5.R: Bueno, cual sería la que elijo..., esperate que no me acuerdo mucho... hace tanto que no veo Física.....**La resistencia depende de la longitud....**

Explicación

Las explicaciones en muchos casos carecen de elementos de conocimiento académico y de la propia estructura de una buena explicación. Se identifican con frecuencia explicaciones cerradas en sí mismas, tal como: si la sala es grande compro la estufa más grande, si es más larga no va a ser lo mismo que una corta, entre otras.

47.Z: Porque si tenés una longitud más corta, no vas a tener la misma irradiación calórica que tenés con una más larga

...

16. O: Si la sala es grande ...Me voy a comprar la más grande.

18. O: La más larga.

...

11.C: ...te voy a decir cuanto más “larga” sea la resistencia mayor cantidad de calor te tendría que dar...me quedaría con la resistencia que tiene mayor longitud.
11.R: ...Al tener mayor longitud la resistencia...la estufa daría una calefacción mucho más rápido, no sé...

Procedimientos y técnicas propias del ejercicio de profesorado

Entre las operaciones epistémicas del discurso del profesorado en ejercicio, se identifica la presencia de procedimientos habituales de la rutina docente, tales como esquematizar situaciones, poner ejemplos, afirmaciones con aparente seguridad, afirmaciones que implican supuestos de que el otro no propone cuestiones que den continuidad al discurso, chequeo sobre el avance de la comprensión de lo explicado.

7. Z: Supuestamente hacemos un dibujo. Hagamos una estufa, que tiene el **tubo**,... supongamos que es así.....

Ejemplos: tubo fluorescente, calefactor...

14.O: La sección del alambre es el mismo así que voy a tener una que tiene un **enroscadito** así (realiza un esquema) y otra que tiene un enroscadito igual.

11.C: ...**voy a elegir, sin duda**...

13.C: **Vos sabés** que el calefactor de tu casa son en calorías... y **si vamos** a comprar una estufa **a vos te interesa** cuántas calorías te brinda..

27.C: **Entendiste** hasta ahí?

Aparecen otros procedimientos, que sería deseable no formaran parte de la rutina docente, tales como realizar cierta ostentación de conocimientos, que no está dispuesto a utilizar para la mayor comprensión de la cuestión a resolver. Suponer que el destinatario no tiene interés en un conocimiento de mejor calidad académica, y mucho menos desmerecer la capacidad de aprender y comprender que tiene el destinatario, sólo por el hecho de no ser especialista en la disciplina.

27.C: ...**si decimos** bueno, hablemos de trabajo calórico, trabajo eléctrico o KW-h que te brinda la usina. **Creo que tampoco eso de interesa**

11.C ... para explicarle a **mis compañeros que no van a entender nada**, yo les diría que...

Esta información sobre las operaciones epistémicas representa un importante conocimiento debido a que pertenecen a profesorado en ejercicio, motivo por el cual puede tener implicaciones en la instrucción en el aula de ciencias.

5.1.2. c. *Situaciones y episodios de la construcción argumentativa del profesorado en ejercicio en instancia grupal y comparación con el referencial*

En la instancia en grupo de resolución del problema, participa el profesorado en ejercicio, de la muestra investigada, cuyos discursos de la instancia individual fueron analizados en apartados 5.1.2.a y 5.1.2.b.

La interacción en grupo muestra cierta ansiedad por intercambiar entre pares las decisiones y argumentos individuales. Comienzan preguntando, **¿cuál compraste?** La respuesta al unísono fue...**La más larga!** Tal coincidencia parece actuar como liberadora de ansiedad, para pasar a afrontar la actividad de resolver en grupo el problema real.

En la transcripción del discurso del grupo (Anexo III, pp.549-563) registrado durante la resolución del problema, se identifican diferentes *Situaciones grupales* dependientes del supuesto asumido por el grupo respecto al perfil del destinatario del argumento, en cuanto a su capacidad de entender el conocimiento científico. En cada una se distinguen diversos *Episodios* de co-construcción del argumento.

Las *Situaciones* están estrechamente relacionadas con las capacidades que el grupo supone tiene el destinatario para entender la cuestión de transformación de energía eléctrica en la resistencia, además de la presencia virtual o real del destinatario y el planteo de demandas que el mismo pueda hacer en el caso de presencia real. Las *Situaciones* muestran la dependencia del lenguaje con la mediación social en el contexto (Vygotsky, 1986). En relación con ello se ponen de manifiesto diversas formas de *interacción* (Scott y Mortimer, 2002; Mortimer, 2004) de la comunicación del grupo que da lugar a la construcción de *perfiles argumentativos* del profesorado en ejercicio.

El contexto de la *Situación grupal S₁* transcurre sin presencia real del destinatario mientras el grupo aborda la resolución del problema e intercambia los fundamentos en los que cada integrante basa la decisión tomada. La estrategia de recogida de información implementada en la investigación, facilitó la evolución natural de la dinámica de interacción entre el grupo que argumenta ante un destinatario real, papel cumplido por la docente investigadora, surgiendo otras *Situaciones* que agregan elementos sobre el perfil argumentativo del profesorado en ejercicio, en situación real de comunicación ante un tercero que demanda

información y que fue tornando su perfil de supuesto profesorado no especialista a supuesto especialista en la disciplina.

Se identifican tres *Situaciones*, a saber: **S₁**, el grupo supone un destinatario que *no sabe nada*, con escasa capacidad para comprender cuestiones sobre el tema del problema y que cumple un papel pasivo de simple escucha sin planteo de demanda de conocimiento; **S₂**, el grupo interacciona con un destinatario no especialista con capacidad para comprender y que cumple un papel activo con demanda de nuevas justificaciones o respaldos; **S₃**, el grupo interacciona con un destinatario supuestamente un par especialista en enseñanza de la Física.

En Tabla 5.15, se presenta una breve caracterización de tales *Situaciones* y los *Episodios* que componen cada una de ellas.

Situaciones de grupo				
Situación	Característica	Líneas de intervención	Episodios	Características de Episodios
S₁	Argumento grupal destinado a profesorado no especialista, sin planteo de demanda	1-65	<i>Ep_{s1}#1</i>	Toma de decisión entre pares. Explicitación de argumentos individuales
			<i>Ep_{s1}#2</i>	Elaboración de argumento grupal
			<i>Ep_{s1}#3</i>	Explicitación del argumento ante profesor presuntamente no especialista, sin demanda.
S₂	Argumento grupal destinado a profesorado no especialista, con planteo de demanda	66-178	<i>Ep_{s2}#1</i>	Argumento ante profesor presuntamente no especialista, con demandas
			<i>Ep_{s2}#2</i>	Profundización de la argumentación, ante demanda planteada
			<i>Ep_{s2}#3</i>	Explicitación de supuestos sobre la <i>cultura</i> del destinatario y reelaboración del argumento
S₃	Argumento grupal destinado a profesorado especialista con demanda	179-250	<i>Ep_{s3}#1</i>	Discusión respecto a fundamentos de la decisión
			<i>Ep_{s3}#2</i>	Argumento ante profesor presuntamente especialista

Tabla 5.15: Situaciones del discurso del grupo de profesorado en ejercicio

Cada una de las *Situaciones* presenta *episodios* relevantes que se caracterizan más en detalle en el análisis de cada uno de ellos, indicando qué integrantes participan en la co-construcción de cada episodio con el objetivo de aportar conocimiento sobre el papel de cada uno de ellos en la interacción y comunicación en grupo.

5.1.2. c.1 Argumento de grupo en la Situación S_1

En la *Situación S_1* (Anexo III, apartado III.2.2, pp.554) la actividad del grupo se inicia sin presencia de terceros. Se distinguen distintos *Episodios* de la *Situación*, que se identifican con la siguiente nomenclatura $Ep_{S_1\#n}$, donde el subíndice indica la *Situación S_1* y $\#n$ el orden en la secuencia del discurso de la misma.

En el $Ep_{S_1\#1}$ el pequeño grupo socializa las decisiones tomadas en la instancia individual y las razones que sostuvo cada integrante. Luego en $Ep_{S_1\#2}$, elaboran una argumentación representativa de la decisión del grupo respecto a la resolución del problema. Finalmente, en $Ep_{S_1\#3}$ el grupo, a través de su vocero, manifiesta el argumento ante un destinatario que cumple el papel de profesorado no especialista en el tema y escucha sin plantear ninguna pregunta, mientras el grupo supone que no *entiende nada* de la explicación. Aplicando un *ajuste de enfoque* (Jiménez Aleixandre y Díaz de Bustamante, 2003), se obtiene un mayor detalle acerca de la co-construcción argumentativa en las líneas de intervención relevantes de cada *Episodio*, que se muestra en Tabla 5.16.

Situación S_1: análisis de Episodios			
Episodio	Líneas	Co-Construcción del episodio	
		Características relevantes	Participantes
$Ep_{S_1\#1}$ 1-41 Toma de decisión entre pares. Explicitación de argumentos individuales	1-6	Interpretación del problema. Reconocimiento de datos y toma de decisión: explicitan conclusión	R, C, Z, O
	6-15	Socialización de justificaciones de cada integrante	O, R, Z, C
	16-25	Duda respecto al significado de longitud de resistencia. Oposición y refutación	Z, O, R
		Interpretación alternativa de Ley de Ohm	R
		I constante	O
	26-41	Socialización de Justificaciones para convencer a otro	
		• Ej.: plancha	O
		• Transformación de energía	C
		• Tubo fluorescente	Z
		• Fórmula $Q \propto R$	R
$Ep_{S_1\#2}$ 42-57 Elaboración de argumento grupo	43	Ratificación de decisión	Z
	44-57	Elaboración respaldo de relación $Q \propto R$	
		• Por transformación de energía	Z, C
		• Ej.: plancha: apela a los sentidos	C
		• Ej.: plancha: más alambre, más T	O
		• Ley de Ohm. Mayor I.	R
$Ep_{S_1\#3}$ 58-65 Explicitación del argumento ante profesor presuntamente no especialista, sin demanda	58-59	Papel de voz grupo	O
		Establecimiento dato supuesto, tamaño sala grande	O
	61	Uso de la energía eléctrica: luz y calor	O
		Ej.: lámpara y plancha	O
	62-63	R, como elemento de plancha y estufa	O
		R, como oposición al pasaje de corriente	O
		Mayor longitud, mayor material opone resistencia, mayor resistencia, mayor calor	O
	64-65	Toma de decisión: comprar la resistencia de mayor longitud	R,O,C,Z

Tabla 5.16: Caracterización de co-construcción de Episodios de Situación S_1

En el episodio $Ep_{s1\#}$, el pequeño grupo se dedica a la tarea de identificar los datos del problema. Cada uno realiza su contribución individual, coincidiendo la totalidad en tomar como datos relevantes aquellos que se hacen explícitos en el enunciado sobre las dimensiones de la resistencia. Esta forma de tomar datos sobre lo explícito, da como resultado que solo se tienen en cuenta parte de los datos necesarios para resolver el problema, ya que aquellos implícitos, como es la diferencia de potencial (V) constante en ambas estufas conectadas a la misma red eléctrica, no se detectan como tales.

4. R: *Pero de igual sección de R pero distinta longitud.*

5. Z: *Del mismo material. Tienen igual sección o sea....del mismo grosor pero tiene mayor longitud que la otra.*

El profesorado de Física duda respecto a si debe resolver el problema desde el conocimiento de la Física. ¿Cómo se espera resolver un problema auténtico que requiere conocimiento científico de la Física? ¿Acaso se espera que el profesorado especialista resuelva un problema real, que plantea un fenómeno físico en una situación vinculada con la tecnología de uso cotidiano, desde otra perspectiva que la del conocimiento científico? Se observa que la crisis económica, que ha marcado años de la vida del ciudadano argentino, ha impactado también en el tratamiento que realiza el profesorado acerca de cuestiones de la ciencia escolar.

6.O: *Aquí... ¿cómo lo consideramos, desde el punto de vista físico? Desde el punto de vista, como lo consideramos siempre nosotros, de comprar la más barata, la que menos calienta...? Lo que sea... Hay que olvidarse de todo eso.*

El mismo profesor Oscar, quien plantea dudas sobre la perspectiva de la solución, instala como dato el supuesto de que la sala a calentar es grande.

6.O: *... pregunté...cómo era el lugar que tenía que calefaccionar, porque de ahí depende ¿para qué voy a comprar una que tenga mayor gasto?...*

Este dato supuesto, sirve como base de una lógica de relaciones en cadena, de proporcionalidad directa. Recupera de la instancia individual, la referencia sobre **material al rojo**, cuya longitud se significa como espacio o tamaño relacionado con la transmisión del calor por radiación, tema de la ciencia escolar no específico de la electricidad. No se encuentra que la longitud sea

considerada como variable en la determinación del valor de resistencia eléctrica óhmica. Simplemente se sostiene que más **material al rojo va a calentar más**.

6.O: *..Por ejemplo, si .. es un **lugar grande** prefiero la de **mayor longitud** porque al tener **mayor material** que se ponga **al rojo** va a **calentar más**...*

El dato supuesto sobre el tamaño de la sala y el significado otorgado a la longitud en relación con material radiante, no son puestos en juicio por el grupo. Más aún, como parecería que contribuyen a confirmar la conclusión elaborada, terminan fortaleciéndolos a través de la relación de la electricidad, resistencia en función de la longitud. De este modo, desde distintos enfoques, se elabora una argumentación que conduce a la conclusión alternativa.

7. R: *Sí...que a **mayor longitud** va a tener **mayor resistencia**.*

La dinámica de la interacción es tal que cada participante toma del discurso de sus pares aquellos elementos que le sirven como nexo para introducir su propio enunciado a favor de la conclusión. Por ejemplo: la profesora Rosa tomó la longitud para establecer una relación directamente proporcional con la resistencia; la profesora Clara se apoya en esa relación para enunciar la asociación entre resistencia y cantidad de calor.

8.C: *Yo le relacioné, una vez que sabía que la **mayor longitud** era la que me daba **mayor resistencia**, la relacioné directamente con...*

10.C: *Con **cantidad de calor***

De este modo, el profesor Oscar considera que resistencia y cantidad de calor constituyen una asociación en si misma. Idea relevante para la resolución del problema, ya que prácticamente determina la obviedad de la dependencia entre calentamiento y resistencia.

15.O: *Yo lo hice lo mismo que vos, sin nombrar cantidad de calor. Porque es una cosa que viene asociada.*

Otro aspecto, notado desde el inicio y que se mantiene a lo largo de la interacción, es que la participación de la profesora Zulma prácticamente queda anulada por la reprobación o interrupción de sus pares. Veamos, cuando rescataba datos del problema, intervino el profesor Oscar imponiendo su solución de la instancia individual. Más tarde, cuando la profesora Clara vincula la resistencia con la cantidad de calor, bastó que Zulma dijera *calor*, para la

inmediata corrección por parte de Clara, Oscar y Rosa, sobre la expresión *cantidad de calor*. Más otras reprobaciones que se tratarán oportunamente.

En la instancia individual se ha visto que existe dificultad para interpretar el significado de las dimensiones de la resistencia. Dificultad no ajena a la representación de la disposición del alambre de la resistencia. Por ejemplo, a la profesora Zulma -la percepción de la resistencia como una espiral de alambre sobre un soporte de forma cilíndrica o *tubo*- le ocasiona confusión respecto a si la longitud se refiere a la del tubo o a la del material conductor arrollado sobre el mismo. Otra oportunidad de refutación para sus pares, que ven la dificultad de Zulma, pero no el papel ajeno al campo de la electricidad que instaló el profesor Oscar en relación a *material al rojo y radiación de calor*.

20.Z: *Pero tiene una mayor longitud. Pero qué... Podría llegar a tener **mayor longitud el tubo** y el alambre de adentro..*

23.Z: *...porque era **el tubo el que tenía mayor longitud** y **el alambre**, ponele como yo le decía **de 2 metros, lo único que estaba más estirado**, iba a tener la **misma resistencia**).*

En el marco de esta dinámica de interacción como suma de contribuciones individuales, la profesora Rosa introduce la referencia a la ley de Ohm, incurriendo otra vez en la lectura errónea de la ley: *mayor R, mayor I*. Cuestión inadvertida por sus pares, aunque la ley debería formar parte del conocimiento académico de la totalidad de los integrantes del grupo.

24.R: *...Yo después dije.. la relacioné con la **ley de Ohm**. Dije bueno a **mayor resistencia mayor intensidad de corriente** pero me quedé ahí.*

Aunque alternativo, este enunciado resulta de interés ya que trata la intensidad de corriente como una variable. Posibilidad rechazada por el profesor Oscar, quien sobre esa cadena de relaciones proporcionales establecidas por el grupo (longitud, resistencia, cantidad de calor) considera que la *I* es constante en el problema planteado. Nadie contradice al profesor Oscar y nadie ayuda a razonar a la profesora Rosa, que reconoce que *me quedé ahí*.

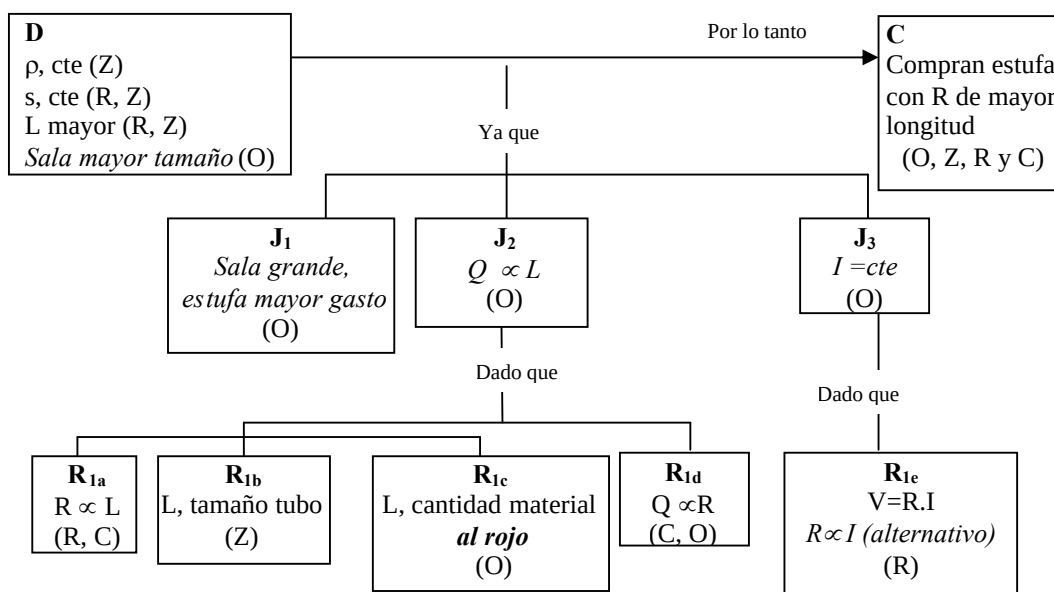
Si en vez del problema real, el profesorado tuviera que resolver un problema tipo, es posible que distinguirían que la intensidad de corriente es distinta en circuitos diferentes. ¿Acaso comparten la idea de que la intensidad de corriente es la misma en ambas resistencias? ¿Acaso no se distingue que se trata de dos circuitos distintos? ¿Acaso se piensa el problema como un único circuito

compuesto por dos resistencias? ¿Qué conocimiento comparte el profesorado como miembros de una cultura escolar?

25. O: *La intensidad de corriente es la misma.*

Se muestran en el Esquema 5.32, los elementos del argumento construido por el profesorado en *Ep_{s1}#1* de la resolución del problema. Es evidente que resulta una suma de ideas individuales, no existiendo integración. Se observa la convivencia de distintos significados de longitud. Mientras Rosa y Clara la utilizan como variable de R, Zulma la interpreta como la longitud del soporte o *tubo* de la resistencia y Oscar como dimensión del material conductor de calor que participa en la transmisión del calor por radiación.

A efectos de informar sobre la contribución de cada integrante, se indica entre paréntesis la inicial del nombre del o de los participantes del grupo que sostienen cada elemento del argumento, por ejemplo (R, C), significa que es sostenido por Rosa y Clara.



Esquema 5.32: Argumento inicial del profesorado en ejercicio, instancia grupo

Compartido el conocimiento que cada uno esgrimió en la instancia individual, intercambian ideas sobre cómo argumentar a fin de *convencer* al destinatario sobre la decisión tomada. El profesor Oscar que tanto parecía diferenciarse de las ideas de la profesora Zulma, coincide con ella aplicando la estrategia de enunciar ejemplos de la vida cotidiana donde se manifiesta el

fenómeno de calentamiento o luz: plancha, lámpara, tubo fluorescente. Estrategia que recupera el saber basado en los sentidos.

28.O: *Yo lo que dije que este era el mismo fenómeno que hacía en la casa cuando **enchufaba la plancha***

...

30.O: *Así como la corriente eléctrica le sirve para **encender un foquito**, le dije yo, **ver la incandescencia que produce luz***

...

33.Z: *Yo lo relacioné con el **tubo fluorescente**...*

En cambio, las profesoras Rosa y Clara explican el fenómeno de la transformación de energía eléctrica en la resistencia, a través de la fórmula de cantidad de calor $Q=I^2.R.t$, donde I y R juegan el papel de variables. Pero inmediatamente la profesora Clara elimina la I como variable, ya que considera Q directamente proporcional a R . Cuestión relacionada con aquella intervención del profesor Oscar refutando a Rosa, sobre la constancia de I . De manera que luego de dos intentos fallidos de utilizar I como variable, es posible que también la profesora Rosa termine asumiendo que I es constante.

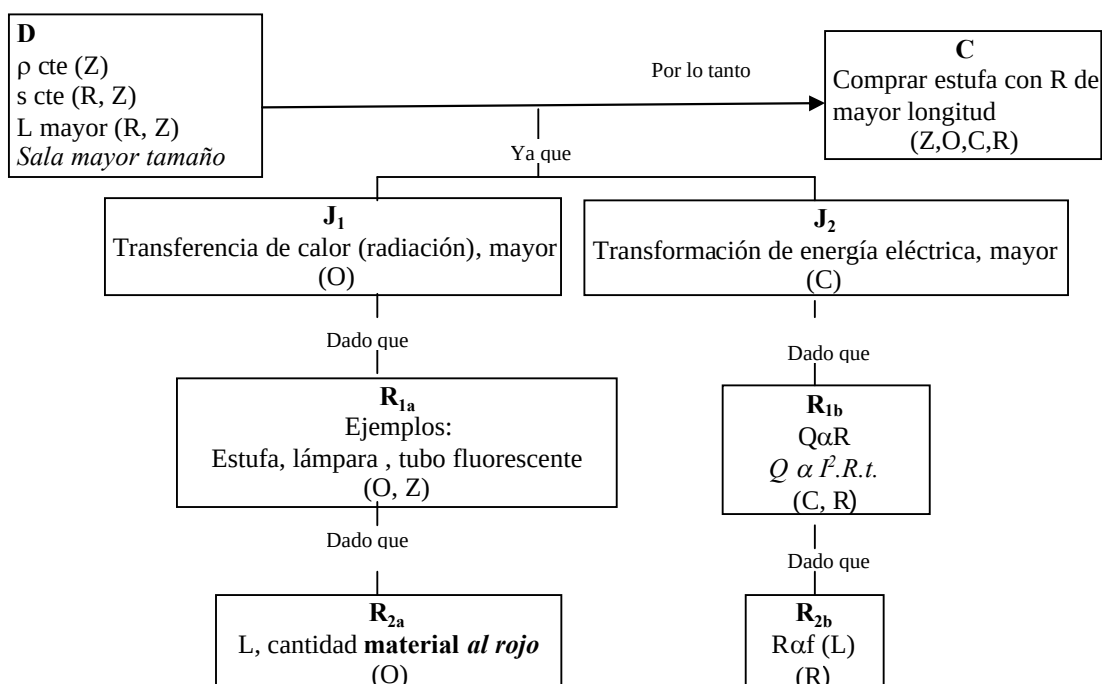
35.C: *.. la transformación de la energía eléctrica*

36.R: *Claro, porque **la formulita** dice que la **cantidad del calor depende de la intensidad al cuadrado**....ya no me acuerdo más...La **R por tiempo** por...*

38.C: *Yo sabía que la **R estaba directamente relacionada con la cantidad de calor**...*

Las estrategias propuestas para convencer al destinatario destacan por lo simplificadoras del tratamiento. Los ejemplos utilizados, no comunican conocimiento científico, solamente apelan a los sentidos relacionados con fenómenos cotidianos observados. Las fórmulas constituyen referencia académica, pero al aplicarlas surgen sesgos de difícil detección tanto por parte del emisor como por el destinatario, de ahí que quede sin resolver la cuestión de elaborar el argumento científicamente aceptable y la conclusión en función de las dos variables citadas.

En el Esquema 5.33, se pone de manifiesto el argumento que propone el grupo para *convencer* al destinatario no especialista en Física, sobre la decisión tomada.



Esquema 5.33: Argumento a fin de convencer a profesorado no especialista, elaborado por grupo de profesorado en ejercicio

El Esquema 5.33 muestra que en el grupo conviven dos líneas de justificación sobre una misma toma de decisión. La que propone Oscar, a la que también se adhiere Zulma, se emite desde ejemplos de la vida cotidiana y el fenómeno físico se trata como una cuestión de transmisión de calor. En cambio la propuesta que elaboran Clara y Rosa, se basa en las leyes de electricidad y aborda el fenómeno como transformación de energía eléctrica en una resistencia eléctrica, según lo esperado.

Seguidamente, en Ep_{S1}#2 el grupo interacciona con el propósito de elaborar un argumento que represente la voz del grupo sobre la toma de decisión compartida, negociando qué elementos utilizar para unificar el criterio ante un destinatario que *no sabe* del tema.

Ratifican la decisión tomada, comprar la estufa cuya resistencia tenga mayor longitud. Cabe notar la secuencia de la construcción de la estructura del argumento, enunciando primero la conclusión y posteriormente se procede a elaborar razones que la justifiquen y respalden. Es decir, a la conclusión no se llega a través de los elementos que la justifican, por el contrario estos surgen para

sustentar la conclusión emitida que, aunque alternativa, se fundamenta en soportes que simulan la aplicación de conocimiento académico.

43. Z: *Sí, que **vamos a comprar la de mayor longitud** porque al tener mayor resistencia...*

La co-construcción del argumento del grupo comienza a mostrar el entramado de las ideas individuales que fueron socializadas en el episodio previo. Esta trama se construye a partir de la apropiación que realiza el grupo de los aportes de conocimiento brindado por algún participante. De este modo, el profesorado que sostenía líneas de justificación distintas, utilizan ejemplos o razones con *influencia* (Mortimer, 2004) de conocimiento de otra línea de pensamiento. En ese sentido, se nota la influencia del discurso de Oscar (Anexo III, apartado III.2.2, línea 28.O, pp.555) sobre el de Clara quien al fenómeno que ha identificado como de transformación de energía eléctrica en calorífica, incorpora el ejemplo de la plancha, sin que ponga en discusión el enfoque alejado de la electricidad desde donde Oscar había dado el ejemplo de la plancha.

48. C: *Cuando uno usa una **plancha** se transforma energía eléctrica en calórica*

También del discurso de Clara (Anexo III, apartado III.2.2, línea 12.C, pp.554) sobre el de Rosa, quien asume que la resolución del problema se construye vinculando resistencia con calor.

46. R: *Bueno...como lo **relacionamos la resistencia con el calor?** ...*

A su vez, el discurso de Clara y Rosa ejerce influencia sobre el de Zulma, quien empieza a buscar razones para explicar el proceso de transformación de energía eléctrica. Sin percatarse del distinto significado que ella dio a la longitud del *tubo*, procede a buscar razones de la transformación de energía eléctrica en energía térmica recurriendo al respaldo del modelo cinético molecular, hasta el momento prácticamente ausente en el discurso grupo, y significando la longitud como longitud del alambre conductor.

El modelo análogo le resulta de utilidad para relacionar mayor longitud, mayor cantidad de cargas a lo largo del conductor, mayor número de choques y consecuentemente mayor calentamiento. Todo ello, basado en razonamiento local y secuencial.

53.Z: *Aparte la podés **relacionar también con la cantidad de carga**.....*

La sola mención de una *mayor cantidad de cargas* es asumida por Rosa como refuerzo a la lectura alternativa que hace de la ley de Ohm, sobre la relación mayor resistencia-mayor intensidad de corriente. Enunciado que Zulma completa haciendo referencia a los choques como causa de producción de calor. Ambas se brindan coherencia a sus propias ideas aunque alternativas al fin.

55. R: *Bueno, es como yo lo relacioné con la ley de Ohm, **mayor intensidad de corriente**..*

56.Z: *Claro.... porque al haber **mayor cantidad de cargas** que se **chocan**, digamos, produce **más calor**.*

Ningún participante advierte que, por un lado Zulma considera que el número de cargas es proporcional a L sobre el supuesto implícito de que en R de distinta longitud la intensidad de corriente no se diferencia. Mientras por otro, Rosa establece I distinta y mayor, pero a partir de una relación alternativa con la resistencia que ella misma reconoce no puede avanzar en la idea.

Sin duda la ley de Ohm que enuncia Rosa, no ejerció ninguna *influencia* en el discurso de sus pares, lo más llamativo es que ni siquiera generó discusión al sostener mayor R-mayor I, relación que debió ser refutada. Quizás, el grupo es hábil para evitar razonamientos con dos variables inversamente relacionadas. Quizás, no se atiende del enunciado del otro, más cuando el mismo emisor reconoce la dificultad para continuar el desarrollo que lo vincule con la elaboración del argumento pretendido.

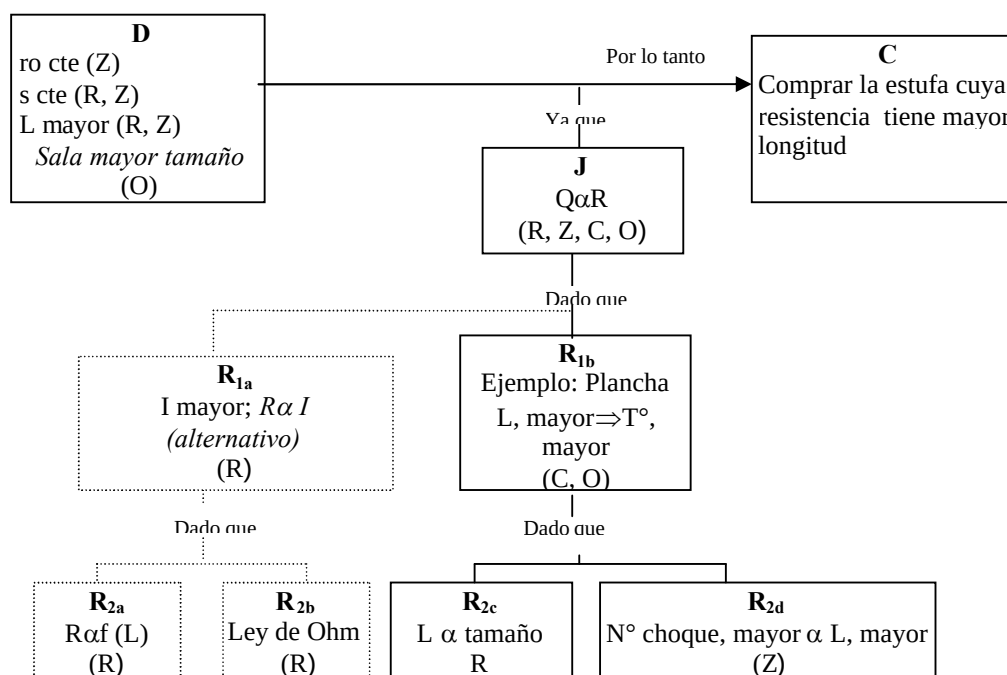
Si bien Zulma aporta elementos del modelo analógico y Rosa de leyes de electricidad, las relaciones que constituyen están orientadas a soportar la conclusión que introduce Oscar, a través de un ejemplo superficial donde concluye que la estufa de resistencia de mayor longitud calienta más porque la plancha de resistencia de mayor longitud calienta más. Enunciado prácticamente equivalente a responder que algo ocurre porque sí.

51.O: *... si vos por ejemplo, **en tu plancha ponés más alambre** del que tiene te **da mayor temperatura** que la tenés.*

Entre este enunciado del profesor Oscar y la cita (apartado 1.1.2.1, pp.12) de la vivencia de aquellos estudiantes que al quemarse la resistencia de un soldador lo reparan y al quedar la resistencia mas corta notan que el soldador calienta más, sin duda existe una ruptura irreconciliable de no mediar esfuerzo del profesorado por estudiar la situación utilizando conocimiento científico, y no

quedando su explicación en ideas intuitivas o supuestos ejemplos de la vida cotidiana. A pesar de ello, los enunciados del profesor Oscar parecen ser los que suman más adhesiones; está visto que Zulma y Rosa movilizaron distintos respaldos a propósito de relacionar y sostener el ejemplo dado por Oscar. Además por más que Rosa repita la ley, el grupo no logra incorporar la ley de Ohm como elemento de argumentación. Más aún, a medida que avanza el *episodio* el razonamiento de Rosa queda aislado, mientras el grupo se vuelca en las razones de Oscar.

En el Esquema 5.34 se muestra el argumento del grupo, resultado del enlace entre los elementos que aporta cada profesor, notándose cómo algunas ideas van teniendo nuevas adhesiones mientras las leyes de la electricidad quedan aisladas. También se observa la coexistencia, sin resolver, de justificaciones contrarias, por un lado para el profesor Oscar I es constante, por otro para la profesora Rosa I es mayor. El grupo asume que I es constante, justamente la perspectiva alternativa.



Esquema 5.34: Argumento de grupo destinado a profesorado no especialista, elaborado por profesorado en ejercicio en instancia grupo

Luego, en $Ep_{S1}\#3$, se incorpora al grupo una destinataria supuestamente no especialista en el tema y ante quien el grupo explicita la argumentación. El rol de vocero del grupo, lo asume espontáneamente el profesor Oscar.

59.O: *Entonces te explicamos.*

El argumento que él expone es prácticamente el mismo que sostuvo en la instancia individual y que volcó en la interacción entre pares. Apela otra vez a un dato supuesto sobre el tamaño de la sala que hay que calentar, asociando sala grande con demanda de mayor calor, la acción de enchufar el artefacto asociada a la circulación de corriente por el conductor y el material de éste asociado a la acción de oposición a la circulación. La lámpara eléctrica y la plancha son ejemplos recurrentes en relación con lo que denomina *usos* de la energía eléctrica como luz y calor.

61.O: *Hay que calefaccionar un **ambiente** que es **grande**, entonces vos **utilizás la energía eléctrica**, como la que tenés en tu casa.... Para qué la usás a la que tenés en tu casa?. La podés usar para iluminarte cuando esa energía eléctrica pasa a través de un filamento se pone incandescente y te da **luz**. Ahí la energía al transformarse de eléctrica en luz. Lo hacés también con la **plancha**. ¿Vos querés algo caliente en tu casa? **Enchufás y la corriente eléctrica te produce en tu plancha calor**.*

Una vez en situación real frente al destinatario, acude al lenguaje utilizado en una situación cotidiana, vinculando el fenómeno con la resistencia conceptualizada como oposición al paso de corriente. Oposición que cuantifica en relación con la cantidad de material, que es mayor en relación con la longitud donde se produzca el paso de corriente eléctrica.

62.O: *Acá va a producir **calor** exactamente **por el mismo fenómeno, en la plancha**, cuando vos se te quema, que decís? O no funciona, que decís?... **Se te quemó la resistencia**.*

La longitud cumple, en simultáneo, distintos significados en la argumentación. Por un lado en relación con la resistencia, sosteniendo que a mayor longitud, mayor oposición; por otro, en relación con la longitud del material caliente que desprende mayor cantidad de calor.

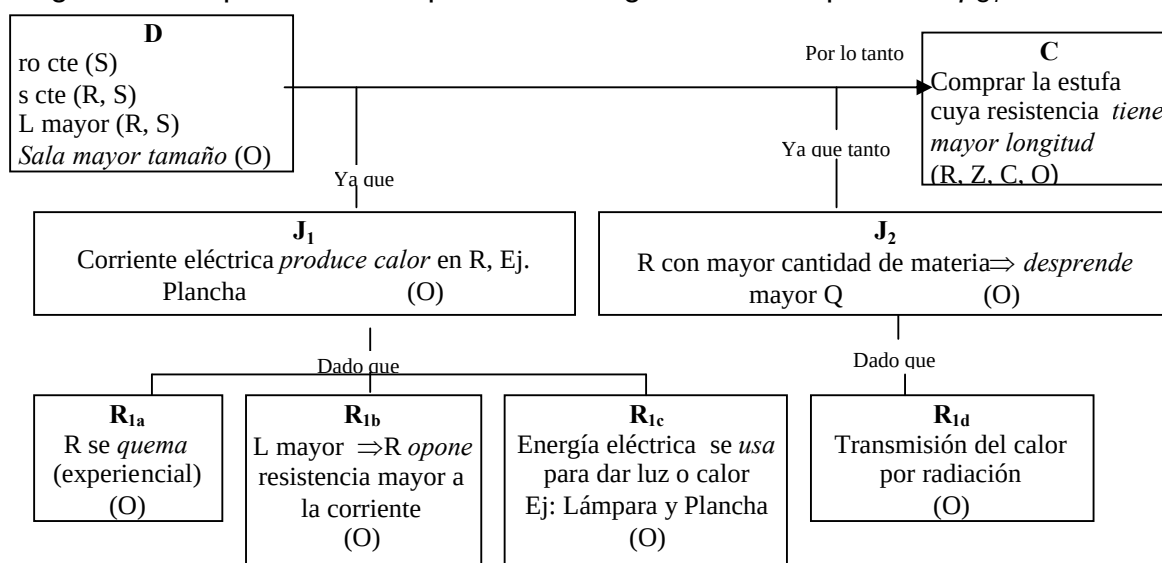
63.O: *Acá lo mismo, el calefactor este, va a tener una **resistencia** que al **pasar la corriente eléctrica** va a **oponer una resistencia** y va a oponer al paso de la transformación al calor. **Cuánto más larga sea la resistencia mayor... mayor calor?** va a ser el que se oponga...**mayor cantidad de material** va a ser el que **se va a oponer a ese pasaje** y **va a desprender mayor cantidad de calor** que se va a....*

El lenguaje es sencillo, evita términos académicos y leyes de la electricidad. Tampoco incursiona en el enfoque analógico, limitándose a referir cuestiones de cantidad de material en relación con la longitud. De esta manera el grupo de profesorado en ejercicio, por intermedio de su vocero, supone que está ofreciendo una argumentación válida y fácil de entender, sobre la decisión unívoca de comprar la estufa con resistencia de mayor longitud.

65.R,O,C,Z: ***la de mayor longitud!***

Ante la presencia del destinatario, se nota que el argumento recoge elementos que tuvieron preponderancia durante la interacción en grupo, desapareciendo aquellos que intentó sumar la profesora Rosa. La estructura del argumento se evidencia diferente, dado que en esta situación real, ante el destinatario, el discurso didáctico se centra en el ejemplo de otro artefacto que también tiene resistencia y se calienta: Por esta línea se sostiene el mayor calentamiento, en relación con el concepto de resistencia como oposición.

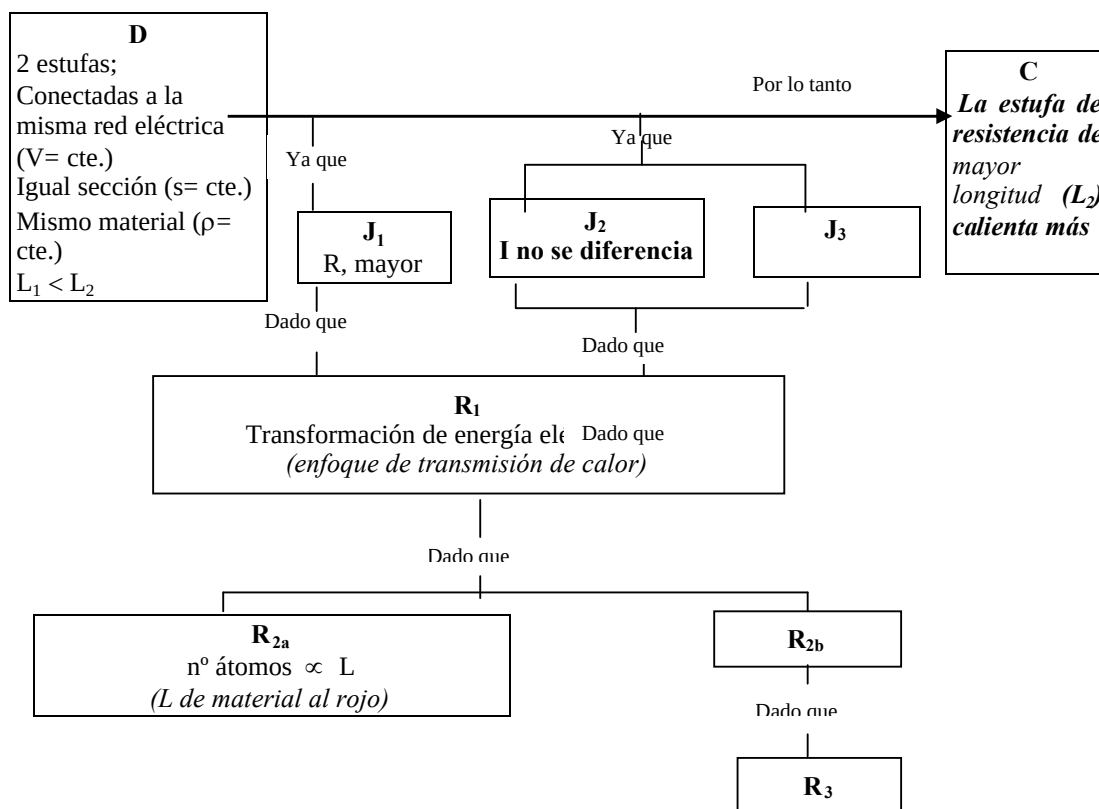
No se encuentra ninguna contribución sobre por qué en distintas resistencias el calentamiento es distinto. La idea sostenida es que cuanto más materia tenga el conductor caliente, más *calor se desprende*. Notándose que aunque los integrantes aporten sus razones, la conclusión se define sobre lo sostenido por el profesor Oscar desde un principio, en términos de más material *al rojo*. Prima un razonamiento local que ubica en cada unidad de longitud del conductor cierta oposición, transformación de energía y *desprendimiento de calor*. Consecuentemente, el calentamiento será mayor cuantas más unidades se consideren a lo largo. Se nota también, la estrategia utilizada de plantear ejemplos, en general tomados de situaciones relacionadas con la experiencia de la vida cotidiana, acompañadas por frases comunes que emite el ciudadano: ...se *quemó la resistencia*. Se observa también, que no se diferencia la intensidad de corriente, se la asume igual en ambas estufas, aunque las R tengan distinta longitud. El Esquema 5.35, representa el argumento del episodio *Ep_{S1}#3*.



Esquema 5.35: Argumento del grupo en Situación *S₁* ante destinatario profesorado no especialista

Como resultado del análisis realizado en los tres *Episodios* de la *Situación* S_1 , se infiere que se utilizaron algunos elementos de las leyes de electricidad y algunos del modelo analógico. Sin embargo la dinámica del discurso fue dejando unos de lado mientras otros adquirieron preponderancia. Por otra parte, el grupo se identifica con el argumento que presenta el vocero al destinatario. Resultado de la transformación del discurso se llega al argumento que se expone ante un destinatario, representado en el esquema anterior. Tomando éste como representativo del argumento elaborado y exhibido es posible comparar el argumento de elaboración del grupo con los referenciales de investigación.

En Esquema 5.36 se presenta la comparación con referencial basado en modelo analógico.



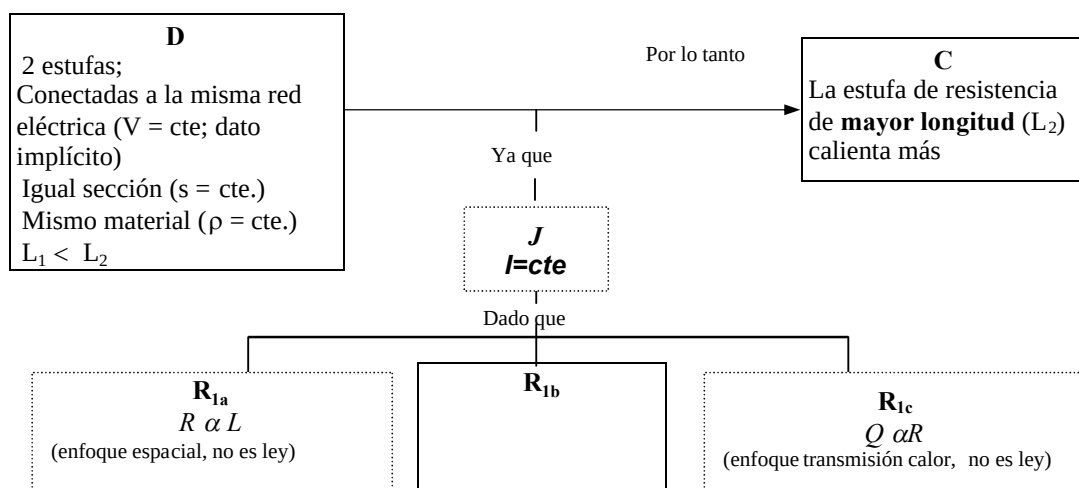
Esquema 5.36: Comparación argumento del profesorado en ejercicio, para profesorado no especialista sin demanda, con el referencial basado en un modelo analógico

Se ha puesto en evidencia que el argumento elaborado por el profesorado en ejercicio, destinado al profesorado no especialista, utiliza escasos elementos del argumento basado en un modelo analógico, centrándose prácticamente con exclusividad en la vinculación de la dependencia del tamaño de la resistencia en función de la longitud. Desde este enfoque, la transformación de energía se

respalda someramente a través de una breve referencia a la existencia de oposición de los átomos al paso de la corriente eléctrica.

Uno de los aspectos más sobresalientes que aporta el discurso, es hacer explícito que la intensidad de corriente se considera constante (en Ep_{S1}#3, 25.O: *la intensidad de corriente es la misma*). Cuestión que si bien en esta investigación se interpretaba que era la idea sostenida, el discurso del grupo no deja lugar a duda, de la perspectiva desde donde se resuelve el problema.

Por otra parte, la relación entre cantidad de calor (Q) y R que si bien parece una referencia a una ley de electricidad, sin embargo el marco en el que se la expresa muestra que se vincula con el fenómeno de transmisión del calor, razón por la que en el Esquema 5.37 se indica con cuadro punteado. Cuestión similar, ocurre con la relación entre R y L, donde L se considera como representativa del tamaño físico de la resistencia en vez de una variable en la determinación de la magnitud de la resistencia eléctrica, también se indica mediante un cuadro punteado. Desde estos considerandos, se concluye que el grupo no utiliza elementos del referencial basado en las leyes de la electricidad según se muestra en Esquema 5.37.



Esquema 5.37: Comparación argumento del profesorado en ejercicio, para profesorado no especialista sin demanda, con el referencial elaborado a partir de las leyes de la electricidad

La comparación con el referencial basado en las leyes de la electricidad, pone de manifiesto una cultura docente que no utiliza las leyes del campo de conocimiento para resolver el problema el real. Se ha puesto en evidencia que las leyes se recuerdan parcialmente y que al verbalizar se produce el sesgo al usar o

no tener en cuenta algunas variables. Esto es, la relación del valor de la resistencia con sus dimensiones no se verbaliza en función de la sección y de la resistividad; en la ley de Ohm no utilizan la diferencia de potencial; la ley de Joule se asocia a la cantidad de calor, donde tampoco se utiliza la intensidad de corriente. La dinámica del discurso avanza dejando de lado las leyes, hasta que prácticamente desaparecen del argumento de grupo.

La contra cara de tal sesgo pone de manifiesto las siguientes relaciones: resistencia en función de la longitud desde el punto de vista del tamaño físico; la proporcionalidad directa entre resistencia e intensidad de corriente, cuestión alternativa y contradictoria que se resuelve imponiendo el supuesto de que I es constante; Q , en cuanto calor *desprendido*, en función de la cantidad de material que *se pone al rojo* (resistencia). En definitiva, todas las relaciones están fundamentadas sobre el dato que cambia (L), y se concatenan mediante la relación *más-más*, que conduce a establecer la proporcionalidad directa entre L mayor, R mayor, Q mayor.

Los datos que representan constantes del circuito quedan sin utilizar, tal como la diferencia de potencial (V). Lamentablemente el supuesto de que I es constante termina colocándola en esa condición de variable sin uso.

Contar con el conocimiento de leyes pero utilizarlas de este modo, constituye un *riesgo* para la buena praxis docente con que debería ejercerse la enseñanza de la ciencia escolar. Como toda identificación de un riesgo, se está ante la posibilidad de actuar con prevención. Los caminos elegidos para razonar, la información que se deja sin utilizar y las formas de relacionar los conocimientos científicos, son fundamentales para que el conjunto de leyes tenga una aplicación válida en la resolución de una situación real. En el caso de este grupo de profesorado las leyes parecen utilizarse para dar un moldeado de autoridad académica a soluciones alternativas. En la construcción argumentativa, se nota la recurrencia a ejemplos de situaciones donde ocurre el mismo fenómeno que plantea el problema. Pero, el uso del ejemplo, de ninguna manera debería sustituir la elaboración de justificaciones y respaldos científicos sobre el fenómeno. Sin embargo, se lo utiliza supliendo tales elaboraciones.

Un ejemplo, puede servir como nexo, como organizador previo, o para ampliar el campo de aplicación del acontecimiento, pero lejos está de suplir la

explicación de un fenómeno físico. La argumentación basada en ejemplos, en los que además no se profundiza, resulta un argumento superficial que si bien puede convencer a un no especialista, no así al profesorado pues lo que se está evitando es ahondar en el conocimiento mismo del fenómeno.

Otra vez, la forma de utilizar el conocimiento, tanto desde la analogía y desde leyes de electricidad, conduce a una conclusión alternativa: comprar la estufa de resistencia más larga. En Tabla 5.17 se muestra la comparación entre el conocimiento utilizado por el profesorado en ejercicio en la instancia grupo y el que requiere la resolución del problema auténtico, según el referencial.

Operación argumentativa	Conocimiento científico utilizado en la toma de decisión	
	Grupo Profesorado en ejercicio	Referencial
Dato	s, L	V, ρ , s, L
Justificación	<i>El tamaño de R es directamente proporcional a la longitud (L)</i> Intensidad de corriente (I) constante	Intensidad de corriente (I) mayor
Respaldo	La energía eléctrica se transforma en Q Q <i>desprendido</i> proporcional a cantidad de material, depende de L Q <i>desprendido</i> directamente proporcional a R n° átomos proporcional a L	a) Potencia eléctrica; b) Ley de Ohm; c) R en función de sus dimensiones Modelo corpuscular
Conclusión	<i>La estufa de R más larga calienta más</i>	<i>La estufa de R más corta calienta más</i>

Tabla 5.17: Comparación del uso del conocimiento científico durante la construcción grupo del argumento sobre el problema auténtico, en Situación S₁

Las Tablas 5.18 y 5.19 de contraste con los referenciales, ponen de manifiesto el perfil argumentativo del grupo de profesorado en ejercicio de la muestra investigada. Se evidencia la escasa presencia de elementos del modelo analógico (Tabla 5.18) y ningún elemento del referencial de leyes de electricidad (Tabla 5.19). Se recuerda que los cuadros punteados representan leyes, pero que éstas se emitieron más en relación con el tamaño del soporte o del alambre (resistencia) que con la resistencia considerada como magnitud eléctrica, por lo que no se las toma como tal.

Referencial basado en modelo analógico		Profesorado en ejercicio
DATOS		
V = constante		
Sección (s) = constante		s
Resistividad (ρ) = constante		ρ
Longitud (L), mayor		L, mayor
JUSTIFICACION		
R, mayor		R, mayor
I, mayor (corriente eléctrica)		
Velocidad de arrastre, mayor		
RESPALDO		
Intercambio de energía cinética en calor	Depende del n° de interacciones	
	Depende de la Ec. de los electrones	
n° interacciones $\propto$ n° átomos		
n° átomos $\propto$ L		n° átomos $\propto$ L
Ec de los electrones $\propto 1/L^2$	Velocidad de arrastre $\propto$ I	
	I $\propto$ 1/L	
CONCLUSION		
L a resistencia de menor longitud		

Tabla 5.18: Perfil argumentativo de Profesorado en ejercicio en Situación S₁, basado en modelo analógico

Referencial basado en las leyes de electricidad		Profesorado en ejercicio
DATOS		
V = constante		
Sección (s) = constante		s
Resistividad (ρ) = constante		
Longitud (L), mayor		L, mayor
JUSTIFICACION		
I mayor		
RESPALDO		
R = $\rho \cdot L / s$		
V = I.R		
P =	V.I	
	I ² . R	
	V ² / R	
CONCLUSION		
L a resistencia de menor longitud		

Tabla 5.19: Perfil argumentativo de Profesorado en ejercicio en Situación S₁, basado en leyes de electricidad

Durante la elaboración del discurso del grupo, coexistieron dos formas de relacionar la longitud con el calentamiento: la transformación de energía eléctrica en energía térmica y la transferencia, o transmisión, de calor por radiación. El profesorado se centra en esta última, mientras el problema requiere la primera. Esto permitió, además, conocer el uso que se realiza de la proporcionalidad entre el número de átomos y la longitud de la resistencia desde enfoques que tratan de fenómenos diferentes que parecen confundirse:

Desde el enfoque del problema como transferencia o transmisión de calor, el razonamiento sostiene que debido a una mayor cantidad de *materia al rojo* (alambre), hay mayor intercambio de *calor* con el ambiente en forma de radiación. Encontrar que lo central es la transferencia energética, permite comprender que el problema se resuelve desde una perspectiva independiente del campo de la electricidad. Este enfoque alternativo respecto al problema, justamente es el que

sustenta el argumento del profesor Oscar, que habla del calor *desprendido*, y que en cierta forma impone en el grupo.

Distintos integrantes del grupo pueden dar distinto significado al dato longitud, por ejemplo: *longitud del tubo soporte* de la resistencia o *longitud del alambre enrollado* en dicho tubo. También pueden hacer distinto uso de un mismo significado, por ejemplo: que lo relacionen con el número de interacciones de intercambio energético o no. La transformación del dato resulta un proceso interno del grupo y es de especial interés para la autora de esta memoria el haber tenido la oportunidad de aproximarse y estudiar los enunciados del profesorado y la trama en que los relacionan.

Llama la atención que el profesorado no haya podido percibir la existencia de enunciados elaborados en el seno del grupo a partir de la selección de una determinada variable, ignorando otras que establecen, alternativamente, como constantes. También hemos de señalar el diferente tratamiento que cada uno de ellos ha dado al problema, al dejar de lado la esencia del fenómeno propio del campo de la electricidad, argumentando desde otros campos.

5.1.2. c.2 Argumento grupal en Situación S_2

La introducción de la demanda planteada por el destinatario para entender el fenómeno de la transformación de energía eléctrica en la resistencia, impacta en el grupo dando lugar a la *Situación S_2* (Anexo III, pp.556). En ésta se identifican tres *Episodios* que se caracterizan en la Tabla 5.20, de la página siguiente.

En el *Ep_{S₂}#1*, ante el planteamiento de demanda de explicación por parte del destinatario para que se le den más elementos para comprender el fenómeno de la transformación de energía, el profesorado continúa con el discurso basado en ejemplos. En este caso el fenómeno luminoso en una lámpara eléctrica, con mención a los valores de potencia eléctrica, sin utilizar unidades de medida (*de 40...*, *de 100*), utilizando una forma de hablar común, semejante a la del ciudadano cuando compra o elige una lámpara. De este modo, al no indicar la unidad de medida, se deja a la libre interpretación del destinatario qué magnitud miden dichos números. Hubiera sido una oportunidad para hablar en términos de potencia eléctrica, relacionarla con el dato de diferencia de potencial del aparato

eléctrico y en, consecuencia, de que surgiera la idea de que las intensidades de corriente son distintas en las lámparas de distinta potencia conectadas a una misma red eléctrica. Pasa la oportunidad y la potencia eléctrica no se hace operativa ni siquiera como unidad de medida.

67.O: Y también podés obtener luz, como en un foco, según sea de 40, 50, 100.

Situación S2: análisis de Episodios			
Episodio Líneas intervención	Co-Construcción del episodio		
	líneas	Característica relevante	participantes
Eps₂#1 66-102 Perfil del destinatario: profesorado presuntamente no especialista, que plantea la demanda	66-74	Demanda del destinatario, el sobre fenómeno transformación de energía. Ej. valores de la potencia eléctrica de la lámpara eléctrica utilizados en el lenguaje cotidiano al elegir la lámpara. Excusa, escasa capacidad del destinatario para <i>entender</i> el modelo de <i>fluido</i>	O
	75-105	Referencia a la estrategia didáctica en el aula: modelo cinético molecular.	Z
		Cuestionamiento a la secuencia de contenidos	Z, R
		Apelación al modelo de conductor, modelo cinético molecular, modelo de átomo, <i>pelotitas</i> = cargas/electrones, choque, roce, calor.	Z, R, O
		Modelo de niveles de energía, salto de electrones	O
		Cuestionamiento entre el lenguaje vulgar vs. lenguaje de la ciencia.	O
		Excusa, <i>bajo nivel</i> del alumnado. Discriminación entre alumnos <i>míos</i> y los que <i>me vinieron</i> .	Z
		Propuesta de utilizar el modelo de niveles de energía, salto de electrones Demanda del destinatario para utilizar el modelo en la explicación del fenómeno.	Z, O
		Excusa, falta de conocimiento previo del alumnado sobre estructura del átomo.	O
Eps₂#2 103-159 Nueva demanda del destinatario. Justificaciones	106-116	Demanda del destinatario, sobre <i>mayor longitud caliente más</i> . Explicitación basada en la cantidad de calor <i>desprendido</i> por unidad de masa.	O
	117-144	Otras justificaciones:	
		Experiencia <i>sensación</i> de calor	C
		Ley de Ohm; R en función de L	R
		Cantidad de calor, fórmula y ejemplo del calefactor	C
		R en función de las dimensiones, tomado como dato	R, C, O, Z
		Reiteración de la excusa, poca capacidad del destinatario para entender.	O
	145-159	Relaciones de proporcionalidad directa como justificación	O, C
Eps₂#3 160-178 Supuestos sobre la <i>cultura científica</i> del destinatario. Nueva demanda.	160-172	Demanda del destinatario, en relación a profundizar argumentos. Excusa, falta de <i>cultura</i> del destinatario en: formulas, proporcionalidad, modelo atómico, intensidad	O, C, R
	173-178	Argumento basado en más calorías. R proporcional a L, Q proporcional a R. Excusa, en este caso por la limitación del profesorado en ejercicio de su capacidad para explicar.	C

Tabla 5.20: Caracterización de los episodios de la Situación S₂, reformulación del argumento destinado a profesorado no especialista que plantea la demanda

La demanda del destinatario, que reitera su pregunta, requiere un discurso del profesorado que supere los ejemplos. Sin embargo, ante esta situación, el

grupo de profesores, representado por el profesor Oscar, se excusa de no utilizar conocimiento de la Física aludiendo a que el destinatario *no va a entender* el argumento que se elabore desde esa perspectiva. Deposita así el problema en el otro, liberándose de la responsabilidad de construir un argumento académicamente satisfactorio.

De todas maneras, de sus enunciados se pone en evidencia que de haber abordado la explicación de la transformación de energía desde la Física, se respaldaría en el modelo de fluido de la corriente eléctrica.

69.O: Bueno, ***no te queremos hablar... del flujo de electrones, PORQUE NO VAS A ENTENDER***

Mientras la baja capacidad de entender que se le adjudica al destinatario no especialista constituye un supuesto del grupo de profesorado en ejercicio, en el discurso de estos se denota la presencia de ideas ampliamente superadas por el conocimiento científico, por ejemplo: *flujo de electrones, oposición a pasaje de energía, asociación entre corriente eléctrica y energía eléctrica*.

71.O: Si vos decís que hay una ***energía*** que ***avanza*** a través de un medio, ***el medio se opone a su avance***

Llama la atención que el profesorado de Física reconozca que el argumento dado hasta el momento no se basa en el conocimiento de la Física, bajo la excusa de que el destinatario *no sabe*. Justamente un lego en el tema espera y tiene derecho a que el profesorado especialista le brinde una argumentación comprensible y desde el conocimiento de la Física. Si no fuera así, ¿de quién podrá esperarlo?

La práctica de la transposición del conocimiento científico a aprendices sobre el tema en el contexto escolar, sin duda es una cuestión inherente al ejercicio del profesorado. El buscar una excusa por sus propias transposiciones de baja calidad académica, es un mal ejercicio de la práctica docente. Además, desde el punto de vista del derecho a la igualdad de oportunidades de acceder al conocimiento que le asiste a todo ciudadano, quizás represente una discriminación en perjuicio de aquel que *no sabe*. ¿Cómo puede evolucionar el conocimiento del que no sabe, si esta situación condiciona el argumento de quien le enseña?

73.O: ...Le estamos ***hablando a una persona que no tiene ni idea, SI NO, SI LE VAMOS A EXPLICAR YA FISICAMENTE. CAMBIA TODO!!***

¿Qué significa que la explicación del fenómeno de transformación de energía eléctrica, desde la Física, *cambia todo*?... Para Oscar significa dejar los ejemplos de la vida cotidiana y aplicar el modelo de fluido de corriente eléctrica, y vinculado a ello, la idea de que la energía avanza con *oposición* del medio. Esto evidencia que lo explicaría utilizando ideas alternativas sobre la corriente eléctrica (modelo de fluido y asociación con la energía) y sobre la resistencia (como acción de oposición).

La mención de los *electrones* es una oportunidad que aprovecha la profesora Zulma para rescatar el modelo cinético molecular que, en la *Situación S1*, intentó utilizar, sin éxito, como respaldo del argumento sobre la transformación de la energía eléctrica en la resistencia. Espontáneamente trae al grupo episodios de su intervención en el aula con alumnos, gesto que abrió la oportunidad de que la profesora Zulma aportara a la docente-investigadora, registros en audio de una clase donde desarrolló la enseñanza del Efecto Joule. Este material ilustró sobre las estrategias argumentativas que utiliza la profesora en el aula, sobre el fenómeno, pero no constituye objeto de estudio.

Se instala entonces, dentro del grupo, la cultura del aula. En este marco se nota la utilización del lenguaje alejado de lo científico, por ejemplo: denominar *pelotitas* a las cargas, que identifica con los electrones. Aplicación de pensamiento localizado en el movimiento de una carga, por ejemplo: la primera carga. Razonamiento causal entre energía y movimiento de carga. Respaldo de un modelo mecanicista para indicar las interacciones electromagnéticas haciendo referencia a choques. Notable salto explicativo que relaciona el *roce* con la causa del *calor*, sin ahondar sobre el proceso de transformación energética propiamente dicha.

75. Z: ..Te digo como lo **expliqué yo**. Lo dí hace dos **clases atrás**. Para explicarle a los chicos **cómo transformaba la energía eléctrica**, les dije que hicieran de cuenta que **dentro del alambre tienen pequeñas pelotitas**. Que esas **eran las cargas** que había dentro del conductor. Entonces la **energía eléctrica**, qué iba a **provocar**? Que esas **cargas comiencen a moverse**. Al empezar a **moverse la primera**... Qué va a **producir**? Un **choque** entre las otras partículas que ellas tienen adentro. Al chocarse esas partículas y al estar en movimiento es que **se produce la transformación debido a ese roce y se provoca el calor**.

Esta intervención evidencia aspectos de la cultura del profesorado en ejercicio, en el aula de ciencias. Tales como, el modelo de instrucción que utiliza el profesorado es *dar la clase* (transmisión) y usan estrategias didácticas basadas

en analogías y en el uso de lenguaje vulgar para denominar entidades de la ciencia. En cuanto a las estrategias de comunicación, se plantean secuencias de afirmaciones de conocimiento desde la autoridad académica de profesorado, preguntas casi cerradas por asociación causal entre elementos argumentativos, autorespuesta del profesor. La reproducción del propio discurso de su intervención en la clase de ciencias, resultó representativa sobre cómo *habla* el profesorado en el aula y cómo conduce el razonamiento del alumno que aprende sobre el fenómeno objeto de conocimiento.

Otro aspecto sobresaliente de esta intervención de la profesora Zulma, es que por un lado eligió llamar *pelotitas* a los electrones, pero a su vez reconoce haber enseñado contenidos curriculares que alfabetizaron a su alumnado respecto al modelo de átomo. He aquí lo sobresaliente, el problema auténtico ha motivado que en el discurso del profesorado surgiera la referencia al diseño curricular de aula, cuestión que marca la identidad del grupo que resuelve el problema. Otro colectivo de expertos podría resolver el problema, pero no lo haría pensando en los conocimientos previos del alumnado y en el diseño de aula. Éste, se supone coherente con el currículo oficial vigente y con los contenidos mínimos, independientemente del centro escolar que se trate.

82.Z: Sí. ***Yo ya dí el concepto de electrón, porque lo tomo desde la Química. Porque...yo ya empecé con toda química inorgánica. El año pasado ellos ya vieron toda la parte de distribución electrónica, la parte de núcleo, de distribución alrededor del núcleo, partículas y todo eso.***

Frente al lenguaje vulgar, el profesor Oscar exhibe otros modelos basados en lenguaje científico -átomo vinculado a energía, salto de electrones y movimiento en cadena de los electrones-, se interpreta que lo hace a efectos de manifestar su discrepancia con el lenguaje utilizado por su compañera, *pelotitas* vs. electrones, puesto que no lo utiliza para explicar el fenómeno del calentamiento.

89.O: Yo si bien, digamos, ***estructura atómica....le dibujaría átomos, hablar de energía...de una estructura atómica. Saber que si vos estimulás un electrón con mayor energía puede saltar fuera que puede hacerse la cadena y hacer avanzar los electrones. No les hablaría de pelotitas, si ya conocen los electrones.***

La estrategia de comparar el lenguaje técnico con el de la vida cotidiana, le resulta contundente para reforzar la crítica a la utilización de lenguaje alternativo de su compañera.

91.O: *Es como si vos a un **chiquito** que tiene un año y habla algunas palabras bien le hagás decir “mema” cuando puede decir “mamadera”*

Esta crítica recibida durante la interacción entre pares, es contraargumentada por la profesora Zulma aludiendo como excusa el *bajo nivel* del alumnado. Hemos de destacar que en su grupo de alumnos y alumnas distingue selectivamente la capacidad de conocimientos de quienes fueron *los míos* frente al *bajo nivel* de *otros* que no lo fueron. Y esto sí es discriminación dentro del aula.

90.Z: *Claro, pero sabés que pasa? Yo les tengo que hablar en este nivel, porque **el nivel de ellos** digamos...**es muy bajo**. Es muy bajo, por eso tengo que explicarle de esta forma...*

...
92.Z: *Claro, pero lo que pasa que yo tengo...o sea yo a **los “míos”**, a los que yo tuve el año pasado, se los puedo explicar así, pero a **los que a mi me vinieron** de...*

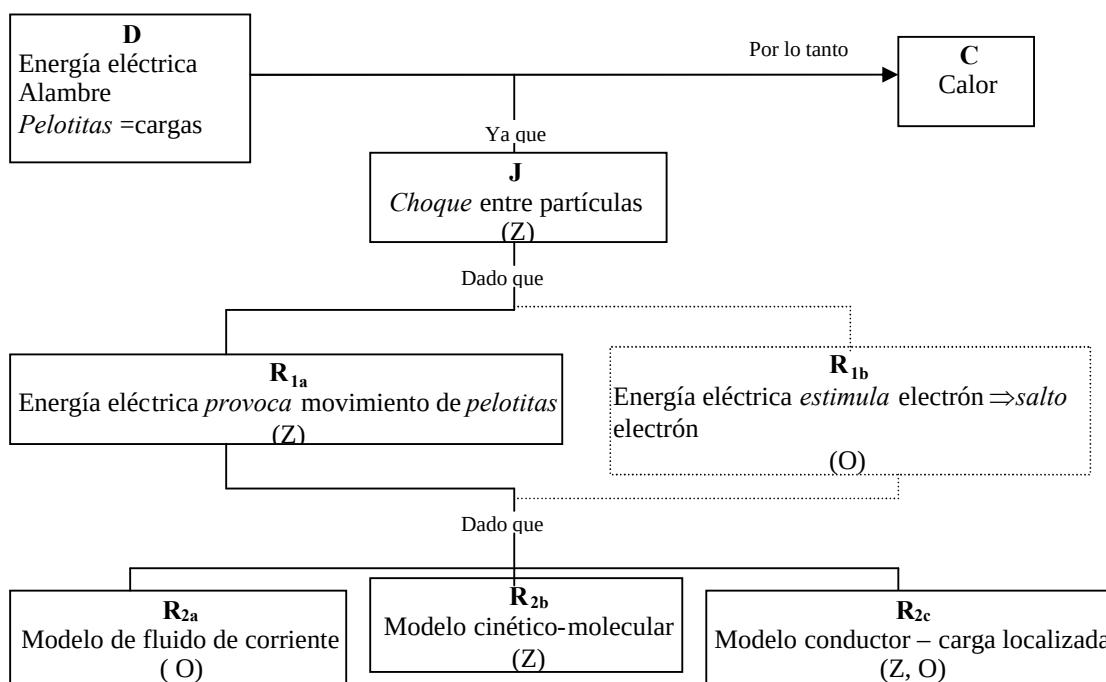
La adecuación del lenguaje al nivel del alumnado, supone una toma de decisión del docente. En este caso decide en función del menor nivel de conocimiento, en detrimento de aquel que sí lo tiene. Pero no sólo ello, además decide utilizar un lenguaje alejado del conocimiento académicamente correcto, lo que iguala, hacia abajo, a la totalidad del alumnado en el nuevo contenido enseñado. Decisión del profesorado en ejercicio, que merecería reflexión.

Sin embargo, la discriminación del alumnado entre *los míos* y *los que me vinieron*, estos últimos como sinónimo de bajo nivel, le resulta excusa suficiente para justificar el lenguaje inapropiado y el conocimiento alternativo utilizado en la enseñanza. No hay refutación por parte de sus pares, quizás porque compartan las mismas vivencias del proceso de *articulación* entre escuelas de nivel Primario y nivel Secundario durante la reforma educativa. Podría parecer que esta fuese la postura general del profesorado de Física en ejercicio, en el Área de Ciencias Naturales. En esta Área, en la formación de estudiantes de 12 a 14 años, conviven aún maestros generalistas y profesorado de las disciplinas del Área, donde la Física y sus docentes especialistas, al menos en el contexto en el que se realiza esta investigación, estuvieron en minoría ante la mayoría de contenidos y profesorado de Biología.

Resulta excesivo que el profesorado se excuse por no utilizar conocimiento de la Física en su argumentación, poniendo el problema-culpa en el otro, en quien aprende. Como se observa, el alumnado está omnipresente en el discurso

del grupo, aún en una situación externa al aula de ciências y en la que no es el destinatario de la argumentación del profesorado. Desde nuestra experiencia afirmamos que tales excusas se escuchan frecuentemente en la sala de profesores, en sus reuniones y hasta en ámbitos extraescolares, al menos en el contexto en el que realizamos la investigación.

En Esquema 5.38 se representa el discurso de Zulma. Se incluye la aportación de Oscar, en recuadro con línea punteada.



Esquema 5.38: Argumento sobre la transformación de energía eléctrica en energía térmica, basado en modelo cinético molecular

Resulta evidente la simplificación del argumento, sobre el proceso de transformación de energía eléctrica en energía térmica, al utilizar modelos analógico cinético molecular, modelo de corriente-fluido, modelo de conductor y conocimiento sobre estado metálico. Aún así, finaliza este episodio sin que el profesorado aporte argumentos científicos sobre la conclusión alternativa de que la estufa de resistencia de mayor longitud calienta más.

En el episodio $Ep_{S2}\#2$, el destinatario pregunta por qué la resistencia de mayor longitud calienta más. Sorprendentemente Zulma y su argumentación basada en modelos analógicos pasan inadvertidas, resurgiendo voces de sus pares que reiteran afirmaciones usadas inicialmente.

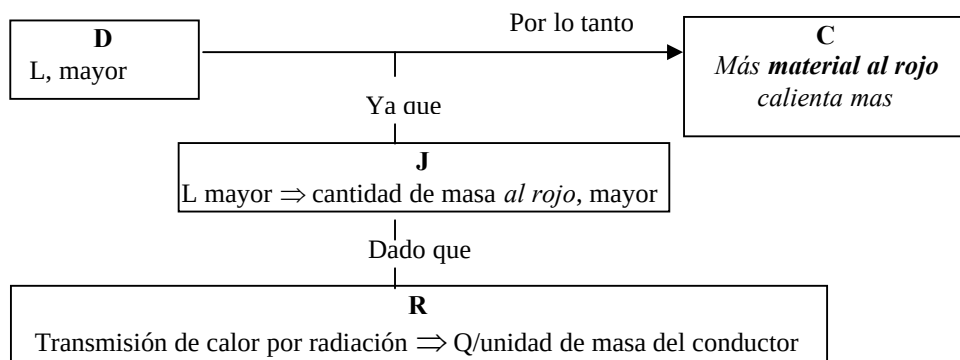
Cada integrante interacciona con el destinatario, a quien se intenta convencer con una batería de enunciados formulados utilizando respaldos tan diversos como son la transmisión de calor, apelando a los sentidos y haciendo referencia a leyes. Las intervenciones individuales expresadas desde una autoridad que cada integrante asume ante el destinatario, lejos está de constituir una interacción dialógica que permita construir un discurso que represente al grupo.

Como resultado de la demanda del destinatario surge una información muy importante para este estudio. Cuando el profesor Oscar explicita el papel que otorga a la longitud, queda expuesto que piensa que se *desprende* cierta cantidad de calor, constante, por unidad de longitud e igual en ambas resistencias. Considera la existencia de una unidad de medida de la *masa*, del *alambre*, o de la *resistencia*. De ahí, a más unidades, corresponde mayor longitud lo que implica mayor desprendimiento de calor.

Interpreta el *calor desprendido* haciendo referencia al fenómeno de transmisión del calor en un material que está al *rojo*, según sostuvo en instancias individual y grupal en *Situación S₁*. Se observa que la longitud no cumple la función específica desde el campo de la electricidad.

116.O: el *calor que produce mayor cantidad de masa*, mayor cantidad de alambre, mayor cantidad de resistencia. Si vos lo hacés *por unidad* y sabés que acá *se va a desprender tanto cuando vos repitas esa unidad más veces, se va a incrementar el calor desprendido*.

El Esquema 5.39 representa el argumento del profesor Oscar para convencer al destinatario de que la resistencia más larga calienta más, basado en el fenómeno de transmisión de calor.



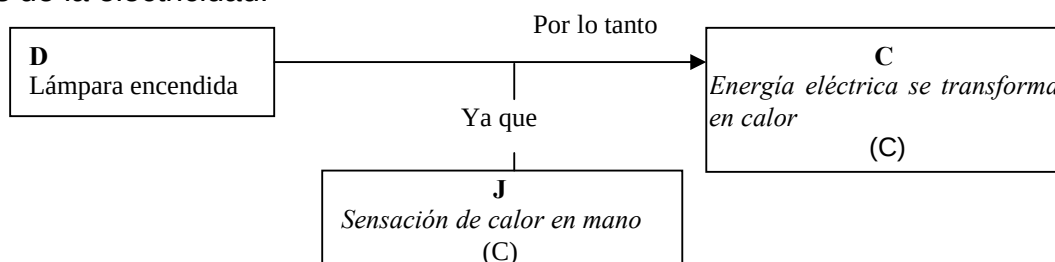
Esquema 5.39: Argumento calentamiento por propagación del calor, profesor Oscar

La profesora Clara rompe el silencio que mantuvo durante la presente *Situación*, haciendo constar que el problema de la argumentación no es del profesorado, sino del destinatario que tiene dificultad para entender la cuestión de la transformación de energía. Como estrategia superadora, propone acudir a los sentidos. ¡Qué mayor argumento que *sentir sensación de calor*! De manera que sostiene que el hecho experiencial, supera toda argumentación,...***estás viendo como la energía eléctrica... se transforma en calor!***.

¿Qué sentido tiene la repetida excusa que el destinatario *no entiende Física*, si la didáctica de los sentidos se propone como superadora del conocimiento científico?. Para adquirir experiencias respecto al efecto de calentamiento por medio de los sentidos, no necesita del profesorado. Sí es indispensable cuando éste asume y cumple el papel de enseñar ciencia, aún teniendo que vencer todas aquellas limitaciones de conocimiento del que aprende.

118.C: Yo te quería decir, que ***si te resulta difícil*** relacionar la energía eléctrica con la plancha porque por ahí la toma como una cantidad de calor elevada esa ***transformación eléctrica en calórica***, yo bueno te digo más fácil. ***Querés verlo, encendé la luz*** de uno de tus veladores, dejala un poquito tiempo y ***ponés*** solamente por encima y sin tocar el foco, la ***palma de la mano***, y ***vas a ver*** que la energía que pasó a través de toda la conexión eléctrica ***eleva la temperatura*** y vos ***vas a sentir una sensación de calor*** sobre tu mano sin llegar a tocarlo... Entonces vos ahí, ***estás viendo como la energía eléctrica***, a parte de darte un tipo de energía que es la parte lumínica, por otra un porcentaje de ella ***se transforma en calor!***.

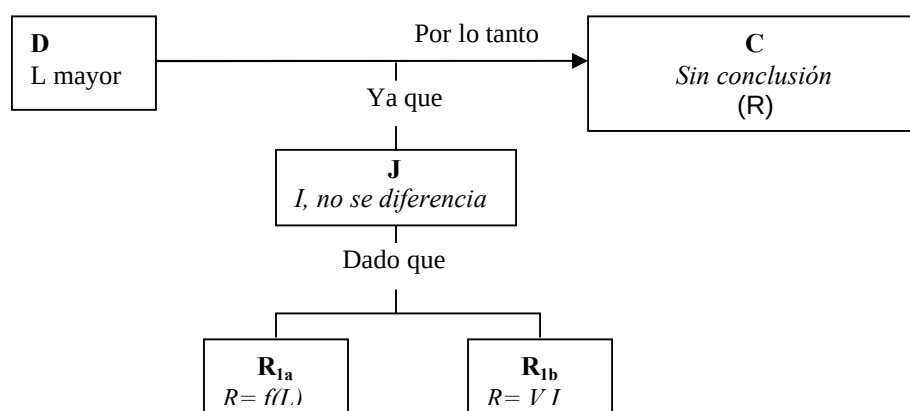
En Esquema 5.40 se representa el argumento aportado por la profesora Clara, basado en la percepción por los sentidos. Consideramos que ejemplificar el efecto de calentamiento en un artefacto eléctrico, está lejos de resolver la cuestión del diferente calentamiento en las distintas estufas. Hubiera sido diferente si se planteara comparar los efectos en dos lámparas de distinta potencia eléctrica. Quizás, podría haber sido un camino para activar el uso de las leyes de la electricidad.



Esquema 5.40: Argumento de transformación de energía basado en sentidos, profesora Clara

La profesora Rosa de nuevo intenta argumentar utilizando la Ley de Ohm, reconociendo que no ha tenido éxito para relacionarla con el fenómeno de calentamiento. Posiblemente el no diferenciar la intensidad de corriente en circuitos distintos y la dificultad para interpretar las leyes de la electricidad, hacen perder la continuidad argumentativa, por ello se muestra sin conclusión en Esquema 5.41.

123.R: Yo decía ... si yo elijo la de mayor resistencia yo sé que al tener mayor....la de **mayor longitud** voy a tener **mayor resistencia**. Después relacioné que yo sabía que la resistencia con la **ley de Ohm era: resistencia por intensidad es igual a diferencia de potencial**. Entonces yo decía a **mayor resistencia** voy a tener una **determinada intensidad de corriente** pero...me quedé ahí, como que **no la relacioné con la parte de calor**...



Esquema 5.41: Argumento de transformación de energía basado en leyes de electricidad profesora Rosa

De lo desarrollado en el presente episodio, se nota que sólo el profesor Oscar muestra un argumento que pondera el mayor calentamiento en resistencias de distinta longitud. Aunque esto no significa que el argumento sea académicamente correcto. Mientras que las profesoras Clara y Rosa, se quedan en enunciados que no conducen a ninguna conclusión sobre el problema planteado. Por su parte, Zulma quedó sumergida en el silencio.

Una nueva pregunta del destinatario reaviva la interacción. Luego de que el grupo intentase hacer eficaces el modelo analógico y las leyes de electricidad para justificar la conclusión, sin conseguirlo, el destinatario solicita información sobre una fórmula que escribió la profesora Clara. Justamente ella, que había apelado a los sentidos para la explicación, es la que muestra conocer la expresión representativa del fenómeno $Q = I^2 \cdot R \cdot t$. 0,24 cal/Joule.

El destinatario, que el grupo supone que no entiende lo que le dicen, cuando plantea sus dudas provoca la aparición de signos de molestia en el

profesorado y, asociado a esto, aparecen las posturas de autoridad académica del mismo que impone la relación de que a mayor longitud de la estufa (haciendo referencia al tamaño físico de la estufa), mayor resistencia R, interpretada como magnitud física, sin que haga explícitas las razones de la relación que sostiene.

El grupo reitera enunciados con el objetivo de que el destinatario afirme que entiende. Pero si el mensaje que debe entender es que cuánto más grande es el tamaño de la estufa más grande es la resistencia -en lugar de relacionar la longitud de la resistencia con el valor de la misma- consideraríamos que es mejor que no lo entienda.

129.C: Yo te digo así. A ver si entendés. Yo te digo, cuando vos comprás una estufa que tenga una mayor longitud vas a obtener lo que se llama una magnitud física que nosotros le decimos resistencia. Entonces yo te digo mayor longitud, mayor resistencia. ¿Me vas entendiendo?

El razonamiento causal, el encadenamiento de relaciones directamente proporcionales y el conocimiento cotidiano de los calefactores (en el ámbito urbano de Argentina, generalmente son por combustión de gas), conforman la batería de razones con que el grupo supone se debería entender el fenómeno. Para ilustrar la información que recibe el ciudadano en nuestro contexto de investigación, se muestra (Cuadro 5.1) la información que distribuyen los comercios en los domicilios particulares y medios periodísticos.



Cuadro 5.1: Publicidad comercial de calefactores a gas, en contexto de investigación

El ciudadano, generalmente compra los calefactores por la cantidad de calorías que desprenden, desde un significado que la profesora puso de manifiesto en ejemplo de 118.C:... *sentir sensación de calor*.

131.C: *Yo te digo una vez que yo obtengo una mayor resistencia, voy a lograr a mayor resistencia mayor cantidad de calor y sabiendo que el calor lo podés medir en calorías porque hasta eso lo sabés de los calefactores, alguna vez lo viste... Yo te decía mayor longitud mayor resistencia, mayor resistencia mayor cantidad de calor. Hasta ahí llegué.*

Verbalizar la expresión de cantidad de calor Q , pone luz sobre varias cuestiones. Por un lado, la interpretación dada a la intensidad de corriente como *cantidad de electricidad, carga o electrones*, olvidando la relación con el tiempo. Se entiende que la reducción de I a una medida de la carga del conductor, conduzca a la no diferenciación de I en distintos circuitos. Si se hubiese establecido la diferencia de intensidad, se habría argumentado, de nuevo alternativamente, que la cantidad de electricidad se relaciona con *n° de átomos* y éstos en forma directamente proporcional con la longitud mayor. La relación entre Q e I se verbaliza, pero no se opera.

135.C: *Es la cantidad de calor está directamente relacionada con la intensidad de corriente que es la cantidad de electricidad...*

136.R: *De carga o electrones..... *** que vos tenés a disposición.. ****

Por otro, la interpretación dada al *factor de conversión* entre cantidad de calor Q e intensidad de corriente, evidencia asociaciones alternativas tales como, corriente eléctrica -energía eléctrica y calor-energía.

139.C: *Un factor de conversión entre la cantidad de calor con la cantidad de electricidad, que es lo que yo te explicaba entre la relación entre energía eléctrica y la energía de calor cuando ponés la mano encima del foco encendido.*

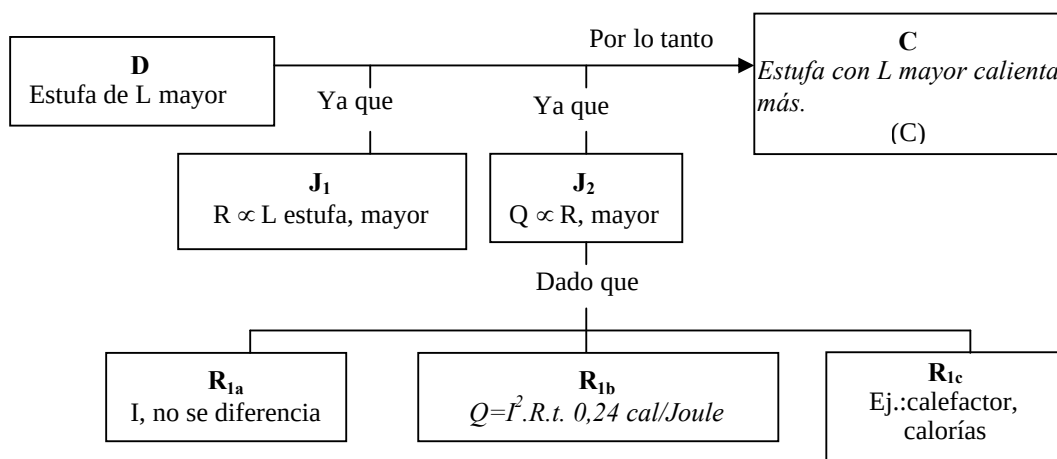
Es notable la incomodidad del profesorado ante un destinatario que requiere más explicación para entender. Igualmente, la manera de responder a la situación consiste en repetición de lo expuesto, una y otra vez, sin profundizar en conocimiento científico. Sobre la base de repetición, parece esperar que entienda.

Habiendo asumido, en la línea 129.C, que el dato de longitud se refiere a la de la estufa y no a la del conductor de la resistencia, fundamenta en el tamaño de la estufa la conclusión de que la resistencia es mayor. Este modo de utilización del lenguaje es bastante difícil de detectar, salvo en el caso expreso, como en el nuestro, en que es evidente el interés en el análisis del discurso, actividad que el destinatario no especialista que recibe la comunicación oral difícilmente puede

abordar. En definitiva la línea argumentativa se elabora mediante la longitud del artefacto estufa, la resistencia como elemento y magnitud, y la relación entre Q y R mediante la fórmula indicada.

155.C: Yo solamente te digo. **Vos me entendés** que cuando mayor es la longitud, mayor es la resistencia. **Me lo entendés?**....Yo necesito una estufa que **me oponga a mí...mayor resistencia** para lograr un **mayor calor**.

El Esquema 5.42 representa el argumento que expone la profesora Clara a partir de interpretar la fórmula escrita de la cantidad de calor Q.



Esquema 5.42: Argumento basado en relación entre Q y R en estufa de mayor longitud (tamaño), profesora Clara

El análisis de este *Episodio* ha mostrado la reiteración de razones expresadas por integrantes del grupo desde una postura de autoridad, sin dar lugar a interacción que facilite la elaboración de la argumentación conjunta.

Los pares de Zulma dan muestra de descalificar el punto de vista basado en el modelo analógico, utilizado por dicha profesora. Lo que ocurre es la tensión entre dos enfoques que subyacen tácitamente: mientras Oscar y Clara optan por la transmisión del calor, Zulma lo hace por la transformación de energía, pero en forma tan parcial que no le alcanza para posicionarse en confrontación con sus pares.

150.R:...de los **electrones**.....No, no. **Ella** (se refiere a Zulma) **salía con la parte...**

151.R y O: **Ella** (se refieren a Zulma) **dijo que lo había dado con este tema.**

...

157.C: Esa es mi explicación y **nada de electrones**, nada de....

Sin embargo, el grupo no es capaz de detectar que las diversas razones siempre las emiten desde *una misma perspectiva*, sin que asuman que el cambio de la variable longitud requiere ser estudiado como un cambio de sistema. Es más

fácil, para el grupo, seguir poniendo por excusa la falta de conocimiento del destinatario, que asumir un cambio de perspectiva para resolver el problema auténtico.

144.O: **Nosotros justificamos por ahí porque estábamos hablando a una persona que no tenía ni idea de Física.**

¿Qué opinión tendrá el profesorado del grupo sobre la capacidad de comprensión del profesorado no especialista en Física, como en este caso es el destinatario de su argumento? ¿Para qué nivel de entendimiento elaboran el argumento si se excusan, aún ante la posibilidad de tener como destinatario a un niño de seis años?

158.IDI: **Y si fuera un preguntón y te dijera ¿POR QUÉ...? ¿Por qué, a mayor resistencia mayor calor? ...Seguro que si te trajera a mi hijito Facundo sería capaz de preguntarte por qué y por qué..., tiene seis años...**

159.O: **eso era para.....**

Si todo el discurso anterior elaborado haciendo referencia a sentidos, artefactos, relaciones causales, entre otras formas de explicar, era para alguien que no entiende, sería de esperar que dejaran la excusa de lado con otro perfil de destinatario. Aunque la argumentación por parte de profesorado de Física siempre debería partir desde el conocimiento científico, con más o menos esfuerzo en la transposición, pero dentro de lo académicamente correcto.

En el episodio *Ep_{S2}#3*, último episodio de la presente *Situación*, se cambia el destinatario no especialista por otro con capacidad de entender discursos con fundamento científico. Entonces, el profesorado elige argumentar utilizando fórmulas de Q y R, considerando las dimensiones de esta.

Se ha visto, en episodios anteriores, la dificultad para justificar la relación entre variación de longitud y variación del calentamiento. Al disponer de fórmulas, la situación se resuelve sustituyendo unas variables en función de otras. Conociendo la expresión de R en función de L, se reemplaza R en Q, obteniendo la expresión de Q en función de L. Nueva evidencia que I no es tomada como variable, desapareciendo al verbalizar la relación.

162.C:...**Pero si vos reemplazás estas dos fórmulas acá ($Q = I^2 \cdot R \cdot t$, 0,24 cal/J y $R = \rho \cdot L/s$) ya estás relacionando el calor con la longitud.**

Aún así el profesorado continúa proyectando sus creencias y suposiciones sobre las dificultades del destinatario para entender la formulación matemática de las leyes, y la relación es de proporcionalidad.

165.O: *Quizá la explicación numérica, la relación de proporcionalidad.*

Por otra parte, hipotetizan dificultades de comprensión del fenómeno a través de la utilización de modelos. Suponen falta de *cultura* sobre el modelo atómico en el que basan el entendimiento de la intensidad de corriente, lo que pone en evidencia que el mismo profesorado confunde intensidad de corriente y corriente eléctrica.

171.O: *...Los electrones, la estructura de la materia, hay que ver que lo que tenés a disposición ahí, entonces **es una masa de electrones que al pasar por ahí**, se va desplazando un poco el átomo???. O sea **tenés que tener por lo menos “cultura”** en ...*

172.R: *...en **modelo atómico**.*

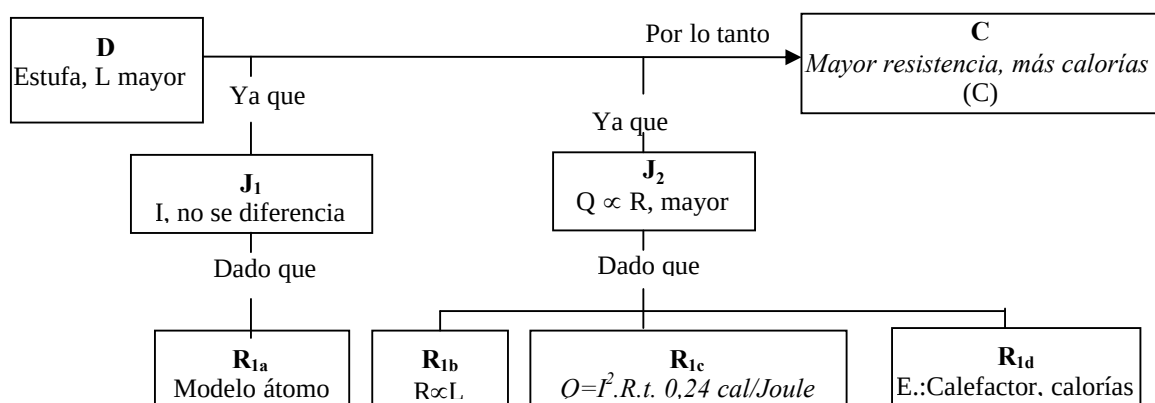
...

178.R: *No, como decía Oscar, si te querés a poner en la parte de **estructura atómica, con electrones**. Si **tenés que ir a la parte de intensidad**. Intensidad a partir de...., a partir de....*

Mientras, no exista metarreflexión del profesorado sobre sus propias limitaciones para utilizar el conocimiento en la elaboración del argumento, continuará depositándose la dificultad en el destinatario no especialista, aludiendo que *no sabe y no entiende*.

Se ha visto que es en vano que el destinatario declare que puede entender la explicación en términos de la Física, ya que se siguen utilizando, reiteradamente, ejemplos basados en la transmisión del calor y cadenas de relaciones de proporcionalidad basadas en las leyes de la electricidad. Estas se modifican potenciando la vinculación entre Q y R, para justificar la mayor cantidad de calorías, expresadas al inicio del episodio. La transformación de las leyes por sustitución de unas variables por otras, termina fortaleciendo el enfoque desde el *calórico*.

175.C: ***Le digo** si vas a **comprar un calefactor** para tu dormitorio, **qué vas a elegir**? Que tenga muchas calorías o pocas calorías?. Indudablemente el que tiene **muchas calorías**. Bueno. Listo! Encontramos la **relación** que había entre la longitud y la resistencia? Sí!. A **mayor longitud, mayor resistencia**. Encontramos la relación que hay entre la resistencia y la cantidad de calor. Sí! la encontramos!. Cuanto **mayor resistencia mayor va a ser la cantidad de calor**. Entonces me estás diciendo que **mayor calorías necesitas....***



Esquema 5.43: Argumento del grupo de profesorado en ejercicio en Ep_{S2}#3 ante destinatario profesorado no especialista con capacidad de entender

Finalmente, la profesora Clara reconoce su propia limitación para encontrar otra explicación.

177.C: **Yo no puedo hacer más, no puedo explicar más. Es decir no se como...**

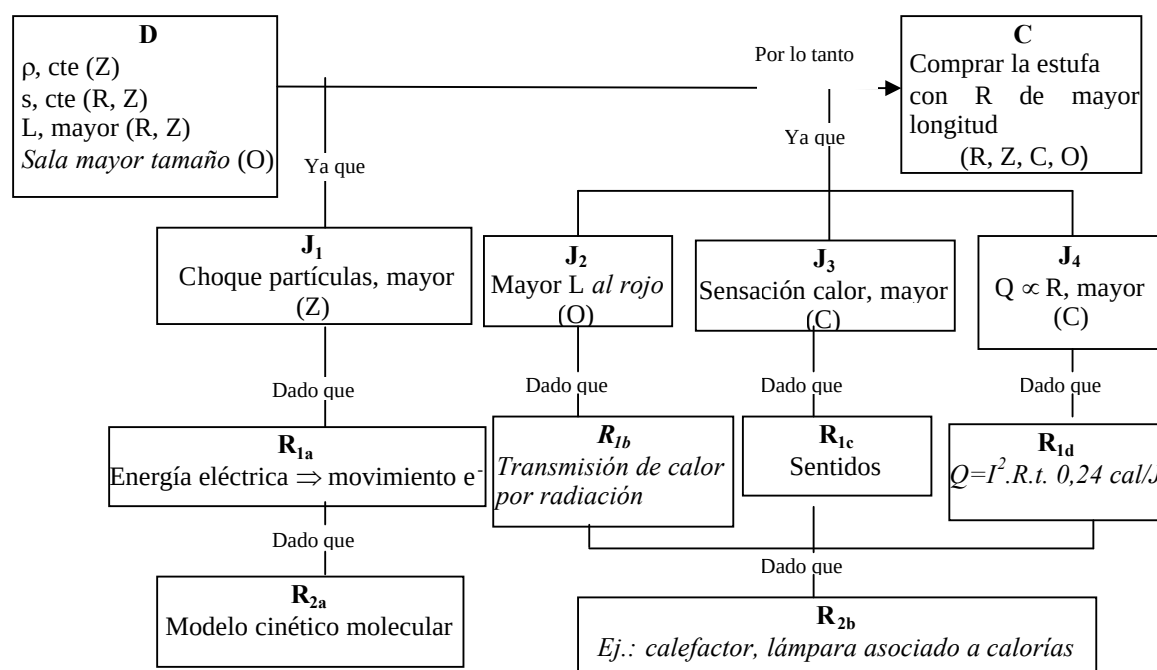
A pesar de que el grupo reconoce lo elemental de su discurso y hasta en algún caso también su propia dificultad para explicar, no intenta reelaboración alguna que profundice sobre el fenómeno planteado. Se impone el razonamiento basado en la proporcionalidad directa entre las variables consideradas (*a más...más*), utilizando el ejemplo del calefactor a gas -más grande más calorías- y relaciones causales respaldadas por leyes. Se evidencia que la utilización de experiencia de la vida cotidiana acompañada de fórmulas resultan, para el grupo, recursos de autoridad y de contundencia suficientes para *convencer*. Sobre todo si se trabaja matemáticamente la expresión de la ley de modo que se adapte a la idea preestablecida desde el sentido común, aunque el enfoque no sea pertinente con respecto a lo planteado en el problema.

Un resultado alentador que surge de la aplicación de la actividad de recogida de información es que la profesora Clara, que había dado muestras de molestia por la dificultad de entender del destinatario de su discurso, reconozca finalmente su propia limitación: *no sabe como explicar mejor*.

Se recuerda que esta *Situación S₂*, ocurre cuando el destinatario comienza a plantear algunas demandas al grupo sobre el discurso explicativo que recibe. La presencia del destinatario, cambia la dirección de la interacción, que deja de ser entre pares, para establecerse entre cada integrante del grupo con el destinatario,

pasando el discurso de un integrante a otro con cambios pero sin avances en la coherencia. La situación se torna real tratando de *convencer* sobre la decisión tomada.

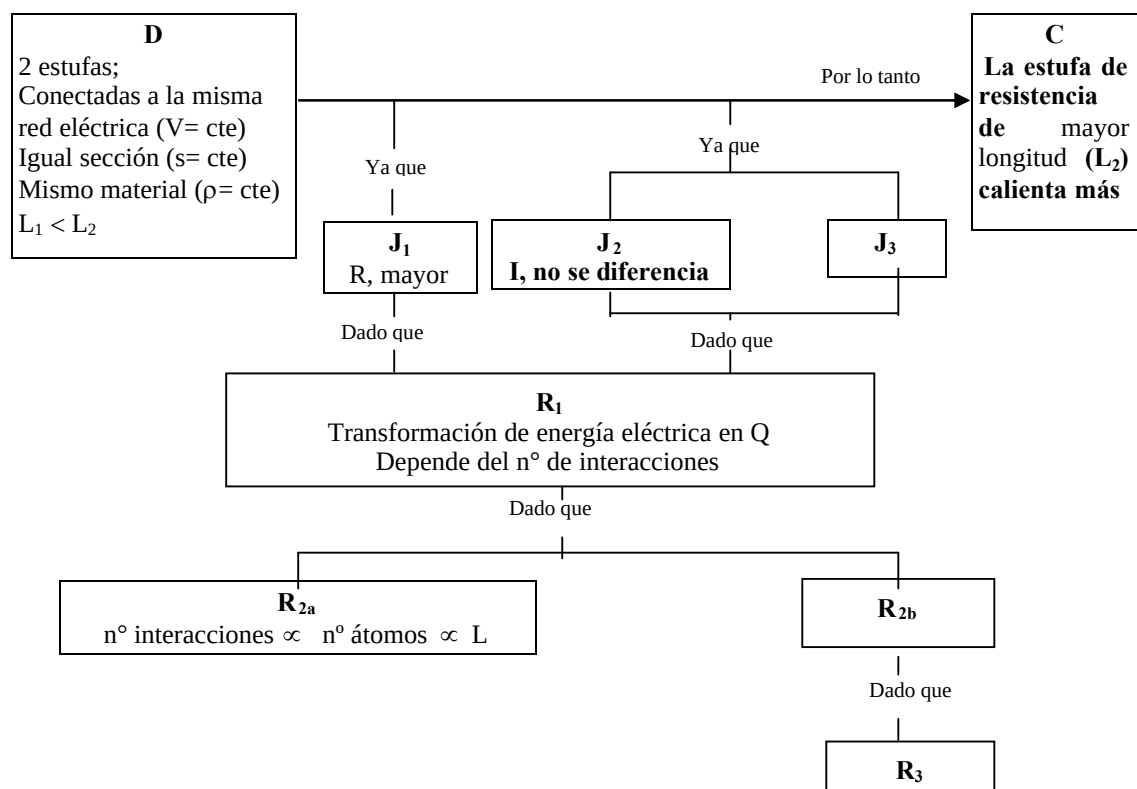
En el siguiente Esquema 5.44 se muestra las distintas razones y respaldos que aportan los participantes del grupo, revistiendo el argumento poca integración entre los enfoques dados por cada uno. Dar coherencia a razones fundamentadas con tan diferentes respaldos, es ardua tarea que implícitamente depositan en el destinatario. Cuestión difícil de alcanzar visto que el mismo grupo de especialistas no lo logra.



Esquema 5.44.: Argumento del grupo de profesorado en ejercicio en Situación S_2 , para convencer a profesorado no especialista que plantea demandas

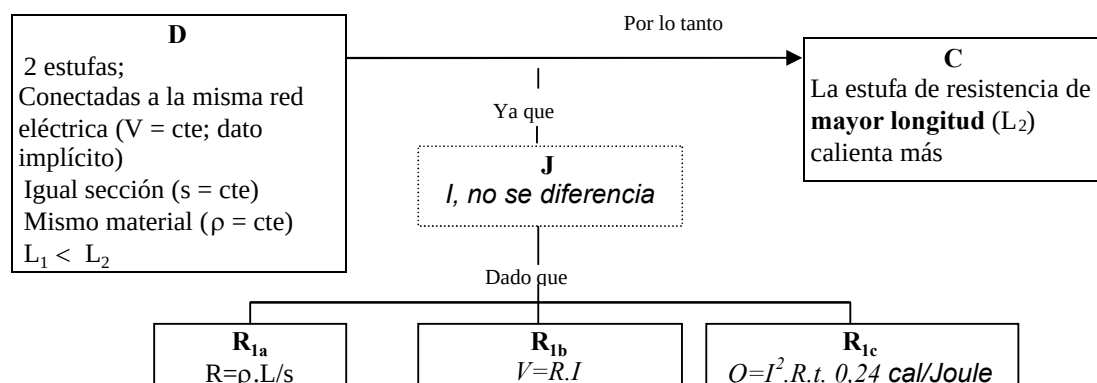
La comparación entre los elementos de los esquemas referenciales y aquellos que se activaron en los tres *episodios* de esta *Situación* S_2 , caracterizada por la presencia real de un destinatario que plantea demandas, brinda información sobre los perfiles argumentativos del profesorado del grupo.

En Esquema 5.45 se presenta la comparación del argumento del grupo, desarrollado principalmente por la profesora Zulma, con el referencial basado en modelo analógico.



Esquema 5.45: Comparación argumento del profesorado en ejercicio, para profesorado no especialista con planteo de demanda, con el referencial basado en un modelo analógico

Se pone de manifiesto que, aunque en esta *Situación* existió un episodio basado en el modelo analógico, en la comparación con el referencial se mantiene el sesgo argumentativo vinculado a la ausencia de diferenciación de la intensidad de corriente. A continuación, en Esquema 5.46, se muestra la comparación con el referencial basado en leyes de electricidad.



Esquema 5.46: Comparación argumento del profesorado en ejercicio, para profesorado no especialista con planteo de demandas, con el referencial basado en las leyes de la electricidad

Del esquema comparativo surge que en la interacción real entre el profesorado y el destinatario que presenta demanda, se evidencia que las leyes de la electricidad y las operaciones matemáticas con las mismas forman parte de la cultura del profesorado. Sin embargo el mantenimiento de la perspectiva que supone no diferenciar la intensidad de corriente, sumado a la transformación de expresiones matemáticas de las leyes de la electricidad, condiciona la conclusión obtenida. Con el agravante de que dichas leyes se utilizan como rasgo de autoridad académica para el sostenimiento de una toma de decisión no correcta.

En Tablas 5.21 y 5.22 se muestra el perfil argumentativo del grupo de profesorado en ejercicio en *Situación S2*, ante el destinatario que plantea demandas. Se observa que en relación con los elementos activos del modelo analógico, se conserva igual perfil que en la situación S1, con destinatario pasivo. Por otra parte se detecta la aparición de la totalidad de los elementos de las leyes de la electricidad, notándose que la forma de expresión de Q se relaciona con la forma de expresar $P=I^2.R$, pero la conclusión continúa condicionada por la perspectiva de la no diferenciación de I y por el enfoque alternativo del argumento centrado en el fenómeno de transmisión de calor por radiación, perspectiva del calórico.

Referencial basado en modelo analógico		Profesorado en ejercicio
DATOS		
V = constante		
Sección (s) = constante		s
Resistividad (ρ)= constante		ρ
Longitud (L), mayor		L, mayor
JUSTIFICACION		
R, mayor		R, mayor
I, mayor (corriente eléctrica)		
Velocidad de arrastre, mayor		
RESPALDO		
Intercambio de energía cinética en calor	Depende del n° de interacciones Depende de la Ec. de los electrones	depende del n° de interacciones
N° interacciones $\propto$ n° átomos		n° interacciones $\propto$ n° átomos
n° átomos $\propto$ L		n° átomos $\propto$ L
Ec de los electrones $\propto 1/L^2$	Velocidad de arrastre $\propto$ I I $\propto 1/L$	
CONCLUSION		
L a resistencia de menor longitud		

Tabla 5.21: Perfil argumentativo de Profesorado en ejercicio en Situación S₂, basado en modelo analógico

Referencial basado en las leyes de electricidad		Profesorado en ejercicio
DATOS		
V = constante		
Sección (s) = constante		s
Resistividad (ρ)= constante		
Longitud (L), mayor		L, mayor
JUSTIFICACION		
I mayor		I no se diferencia
RESPALDO		
$R = \rho \cdot L / s$		$R = \rho \cdot L/s$
$V = I \cdot R$		$V = I \cdot R$
P=	$V \cdot I$	
	$I^2 \cdot R$	$Q = I^2 \cdot R$
	V^2 / R	
CONCLUSION		
L a resistencia de menor longitud		

Tabla 5.22: Perfil argumentativo de Profesorado en ejercicio en Situación S₂, basado en leyes de electricidad

5.1.2.c.3 Argumento grupal en Situación S₃

La dinámica de la interacción real entre el grupo de profesorado con el destinatario, tornó naturalmente en una nueva *Situación S₃*. Frente a la reiteración de excusas puestas en un destinatario que suponen no entiende, resulta bienvenida esta nueva situación que brinda la oportunidad de conocer qué argumento destinan a un par, también especialista en la disciplina. Es de esperar que en la presente *Situación S₃* se terminen las excusas y finalmente el profesorado elabore una argumentación utilizando conocimiento académico y de manera eficaz para la resolución del problema auténtico, desde el enfoque esperado acerca de la transformación de energía en una resistencia óhmica.

En *Situación S₃* se identifica dos *episodios* que se caracterizan en Tabla 5.23. En **Ep_{S₃}#1** el grupo reelabora el discurso sin presencia física del destinatario, mientras que en **Ep_{S₃}#2** y último realizado en grupo, brindan su argumento a su par de profesorado especialista.

Situación S₃: análisis de episodios			
Episodio Líneas de intervención	Co-Construcción del episodio		
	líneas	Característica relevante	participantes
Ep_{S₃}#1 179-242 Argumentación desde la ciencia destinada a profesorado especialista	179-191	Elección de enfoque del argumento sobre transformación de energía eléctrica: relación de Física con Química: modelo cinético molecular	C, Z, O, R
	192-242	Utilización modelo atómico, modelo de conductor, estado metálico, pasaje electrones, salto de energía, fotones, choques, rozamiento y calor.	R, O, Z, C
Ep_{S₃}#2 243-250 Explicitación del argumento ante profesorado especialista	243-250	Calor por roce entre electrones que <i>pasan</i> y electrones que <i>saltan</i>	R, O, Z

Tabla 5.23: Caracterización de episodios de la Situación S₃, reformulación de argumento destinado a profesorado especialista

En el episodio **Ep_{S₃}#1** el grupo se dispone al tratamiento del fenómeno de transformación de energía en la R. Llama la atención que no elijan abordar el tratamiento desde las leyes de la electricidad, ya que si el destinatario es especialista comparte con ellos el lenguaje de la ciencia que simplifica la comunicación dentro de la comunidad de profesorado de ciencias. En cambio, eligen tratarlo desde el modelo analógico cinético molecular, a pesar de que en varias oportunidades criticaron a la profesora Zulma por este enfoque que señala

la relación de la Física con la Química. Claro que la crítica provenía de quienes abordaron la situación desde un enfoque que no era lo solicitado por el problema.

Sólo en esta situación, luego de tantas intervenciones, se disponen a hablar desde la Física ¿Qué tipo de discurso habrán desarrollado en todas las intervenciones anteriores, si es en este momento y en esta *Situación S₂* cuando preguntan por primera vez si la explicación esperada es la dada desde la Física?. Resulta extraño que el profesorado ante un destinatario que supuestamente *no sabe o no entiende*, desarrollara explicaciones que no son desde la Física, reservando los aspectos académicos para enfrentarse a la situación de otro que sí sabe. ¿Acaso el conocimiento académico del profesorado se reserva para mostrar ante otro que puede de alguna manera evaluar lo que se sabe, en vez de utilizarse para que quien no sabe progrese en el conocimiento?

179.IDI: Yo ahora, **soy una compañera de trabajo** de Ustedes. Me vinieron con la estufa de resistencia más larga. Ahora **quiero la otra explicación**.

180.C: **Física?**

182.Z: **la Física relacionada con la Química.**

Se parte de una visión simplificada del modelo de conductor metálico, representado por una hilera de átomos de cobre con carga localizada que gira en determinado nivel de energía. La conducción eléctrica en el metal se resuelve mediante un razonamiento causal: señalan que la aplicación de energía al átomo, basado en un modelo planetario, provoca el salto de electrones. Se sostiene la concepción alternativa de que la energía *entra* a través de la corriente eléctrica y que ésta proviene del enchufe, evidencia que lo toman como fuente de electrones.

De esta manera determinan dos formas de movimiento de los electrones, el salto de electrones en los átomos del conductor y el paso de electrones de la corriente entrante, casi ajena a la estructura atómica del conductor. Además, a través de la asociación energía de entrada y corriente eléctrica, los electrones que entran son parte de la causa por la que los electrones de los átomos, según el profesorado, se *exiten*, se *destabilicen*, les *agarre un ataque* y entonces salten. Se observa el uso de terminología alejada de la ciencia, *le agarra un ataque*, en simultáneo con una referencia a salto de electrones, que podría ser indicio de una aproximación a modelos que más adelante se verá que son de la mecánica cuántica.

193.O: *Qué tenés como conductor? Tenés como **conductor un cable de cobre**. Si vos hacés (realiza un dibujo) un cable tan finito que sea **átomo, átomo de cobre y uno al lado de otro**. Y*

cada uno tiene un **núcleo y sus niveles de energía con electrones que giran**, entonces vos le estás dando...

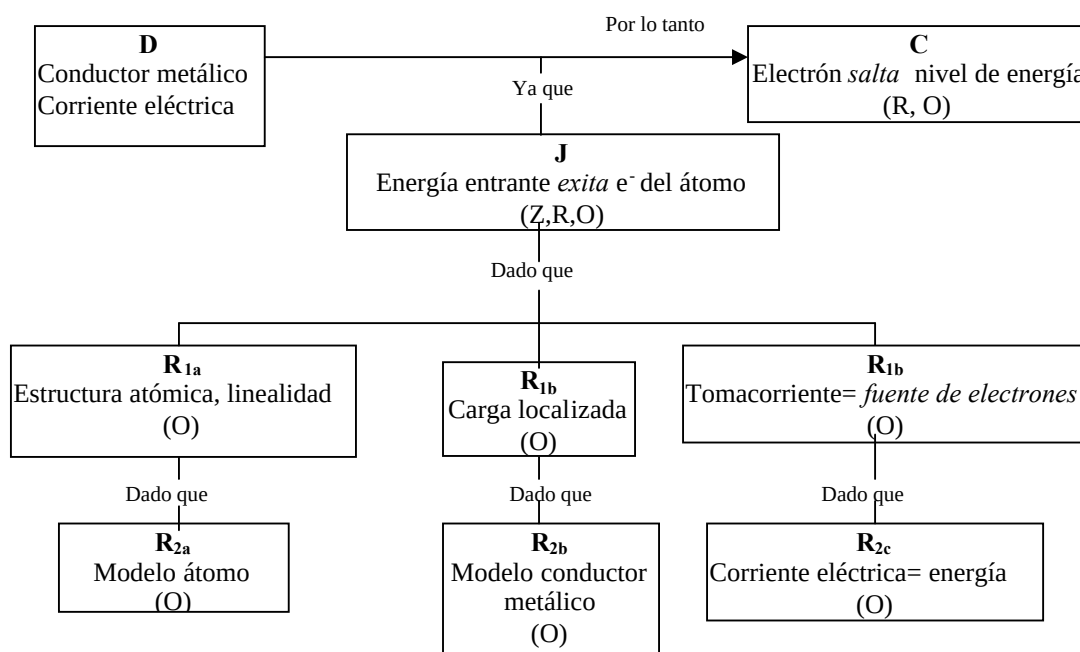
195.O: **Si vos estás metiendo energía a través de la corriente eléctrica lo que estás poniendo...**

197.R: **Exitando, lo desestabilizás.**

198.O: Vos que hacés. Al exitar éste le **“agarra un ataque” y pasa acá** (señala un salto de nivel en el dibujo).

199.R: Claro, y **van saltando los electrones.**

En el Esquema 5.47, se representa la forma de establecer la argumentación sobre la conducción en un metal, ante un par especialista.



Esquema 5.47: Argumento sobre conducción eléctrica en metales

Sobre este modelo de conducción, que combina electrones que *pasan* y electrones que *saltan*, pretenden establecer la vinculación con el fenómeno de calentamiento. Igualmente no dejan pasar la oportunidad, para recordar la crítica a Zulma por haber llamado en **Eps2#1, pelotitas** a los electrones cuyos choques son la causa del calentamiento. Veamos si logran justificar el calentamiento sin caer en las razones dadas por la profesora criticada.

204. O: Lo que pasa que vos (se refiere a Zulma) **decís que las pelotitas, decías vos, al frotarse generaban energía.**

205.Z: Claro. No, no, yo te entiendo.

206.O: Bueno, y entonces yo te hago la pregunta: **¿Y por qué esto se calienta?**

Sin embargo, aunque los términos utilizados son criticados, la razón de que el calentamiento se produce por cuestiones de choque y roce entre electrones

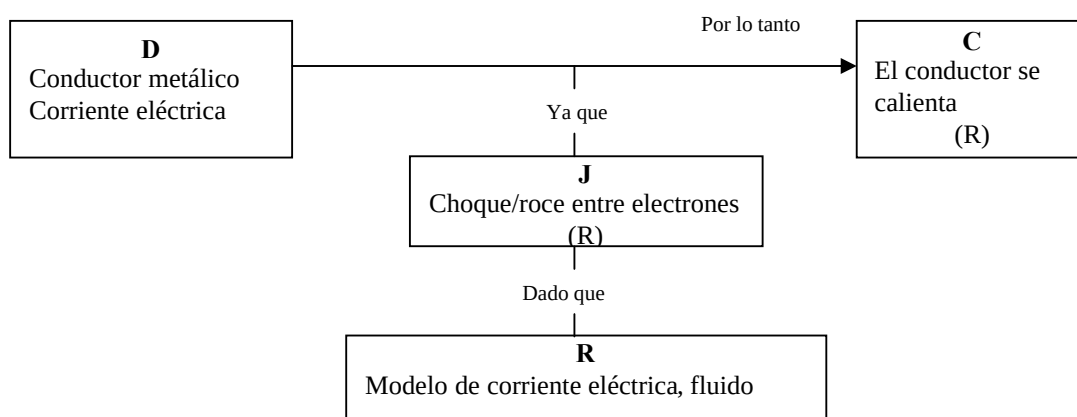
cuenta con la adhesión del grupo, aunque con alguna objeción de Oscar que analiza la situación local en un átomo. En el Esquema 5.48 se muestra el argumento que justifica el calentamiento mediante la idea de choques entre los electrones de la corriente eléctrica. Se observa la idea alternativa de la corriente que entra en el circuito, como si de un fluido se tratase.

207.R: Y **por el roce de los electrones...** Por el roce de los electrones.

210.O: No sé. Si **vos tenés por ejemplo un átomo** (se refiere al dibujo anterior) y **después el electrón**, y una vez que **pasas a esa molécula...**

...

214.R: Para mí, porque tengo la idea de que he visto de que de **“chocarme” los electrones unos con otros generaban una especie de calor.**



Esquema 5.48: Argumento de calentamiento del conductor, debido a choque entre electrones de corriente eléctrica entrante al circuito

En definitiva se vuelve a sostener que el calentamiento es debido a choques entre electrones, aunque se nota que Oscar sigue buscando otras razones. Tantas intervenciones, excusas, limitaciones de conocimiento y falta de comprensión puestas en el otro, y sin embargo el calentamiento sólo se explica mediante choques.

Oscar sostiene que la causa del calentamiento radica en la existencia de fuerzas de rozamiento por acción de la resistencia. En Esquema 5.49 se representan las razones que contrapone Oscar para justificar el calentamiento, con el soporte de las aportaciones de Zulma y Clara, que terminan otra vez llegando a que el calentamiento se debe a roces.

216.O: La **resistencia que se opone al pasaje de los electrones libremente y eso es lo que desprende calor**, lo que pasa.

217.Z: La **resistencia que opone el mismo....átomo.**

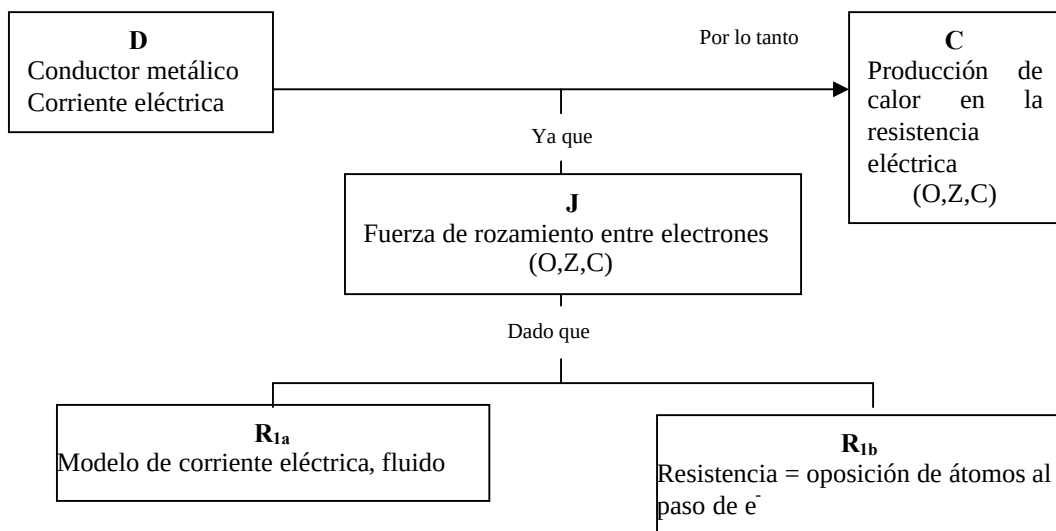
...

232.Z: No, lo que pasa que ahí **tiene que existir alguna fuerza de roce** que sea la que **produce la resistencia** para que no...

233.O: **Un rozamiento.**

234.Z: Claro, **que produce calor.**

236.C: Lo que vos estás diciendo, para mí también. Yo lo leí en alguna parte. Como que la **fuerza de rozamiento entre los electrones generaba calor**. Pero tanto no sé...Yo no me acuerdo tanto.



Esquema 5.49: Argumento de calentamiento del conductor, por fuerza de rozamiento asociada a resistencia eléctrica

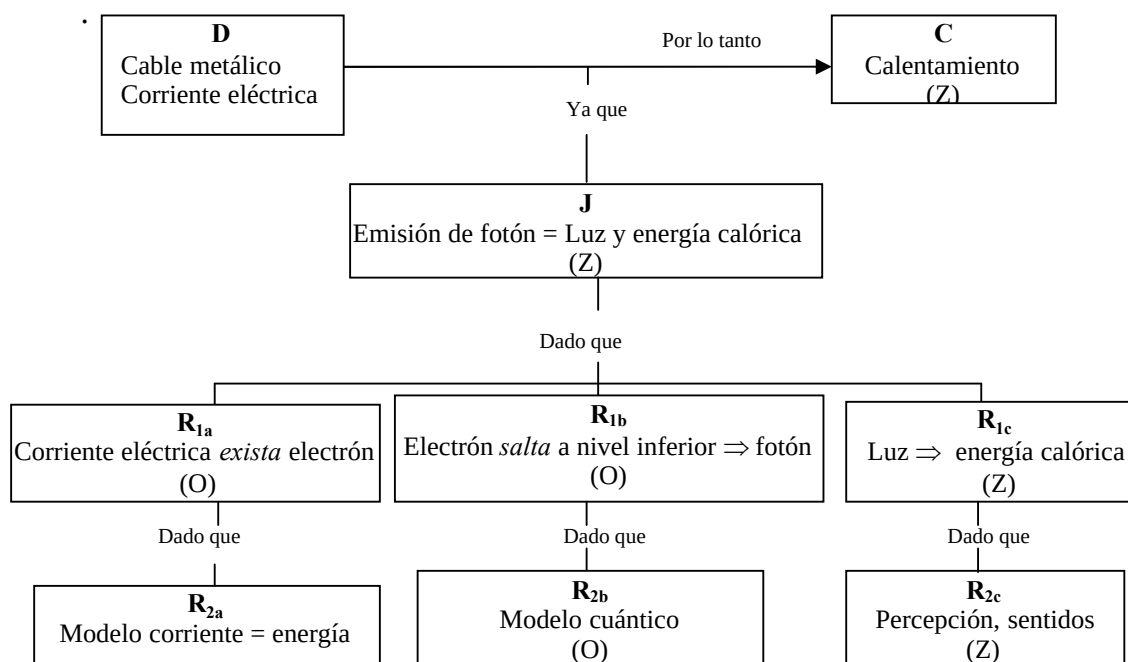
Los distintos caminos que se utilizan para justificar el fenómeno del calentamiento de la resistencia, siempre conducen a la idea del *roce* entre electrones. Idea que el profesor Oscar trata de superar desde aquel enunciado sobre el *salto de electrones*, que este estudio tomó como indicio de referencia al modelo cuántico. La aparición de intervenciones sobre la emisión de energía como fotones, lo confirma. Aunque ninguno se percatara de lo contradictorio que resulta sostener que el corte de la corriente eléctrica, que dice *exita* al electrón, causaría la emisión de fotones

Surge la dificultad de interpretar qué tipo de energía se relaciona con el fotón. Para algunos es energía calórica, para otros es luz. La mención del fotón queda como otra exhibición de terminología científica, pero no les es útil para razonar la decisión sobre el problema real.

Sin duda, la manifestación de conocimiento de modelos de átomo superadores del modelo planetario, no es sinónimo de pertinencia para la resolución del problema.

218.O: *Lo que pasa, si vos hilás fino, fino, fino, cuando vos a un electrón lo exitás pasa a un nivel superior.*
 219.R, Z: *Sí.*
 220.O: *Cuando lo dejás de exitar vuelve y emite un fotón, que es energía.*
 221.R,Z: *Sí.*
 222.Z: **Es energía calórica.**
 223.O: *Es luz.*
 224.R: *Es luz. Los fotones son luz.*
 225.Z: *Pero automáticamente al desprenderse fotones, no es energía calórica?*
 226.R: **No.**
 227.C: *No, porque podés tener un proceso que sea todo lumínico.*
 228.Z: *Yo la parte de luz siempre la asocié a energía calórica.*

En Esquema 5.50 se muestra la argumentación que introduce el profesor Oscar y completa la profesora Zulma, a fin de encontrar razones del fenómeno de calentamiento desde el enfoque del modelo cuántico, en coexistencia con el modelo alternativo de corriente y las asociaciones sostenidas por los sentidos.



Esquema 5.50: Argumento de calentamiento del conductor, por emisión de fotones

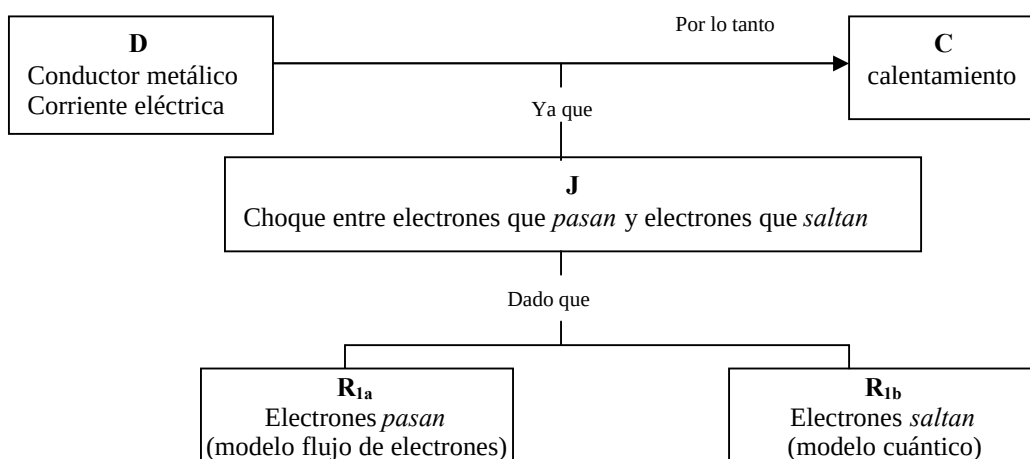
Tanto bregar entre modelos tan diversos, el grupo resuelve la situación haciendo una composición conjunta entre modelos alejados epistemológicamente, como son el modelo de fluido y el cuántico. Sin embargo, toman de cada uno lo que consideran conveniente para resolver la problemática del calentamiento, no así el problema real que plantea una toma de decisión.

Finalmente coinciden en que el calentamiento se debe al choque entre electrones, pero no de la misma corriente como se suponía anteriormente. Ahora

es el choque entre electrones que *pasan*, es decir los que entran al circuito desde una fuente de electrones, y otros que *saltan*, aquellos que absorben un cuanto de energía. Si la cuestión era que el destinatario entienda, sería preferible que no entendiera esta explicación, incorrecta desde el punto de vista académico. El fin de explicar el fenómeno no justifica que el profesorado en ejercicio recurra a medios tan confrontados con el conocimiento académico, como es utilizar modelos tan dispares, cuando están en la situación de resolver el problema. Este argumento se muestra en Esquema 5.51.

229.O: (en voz muy baja, poco entendible) ****Cuando vos tenés **entre átomo y átomo un espacio vacío**, donde **un electrón pasa**..., luego que va a pasar...****.

230.Z: *Que haya roce entre los que pasan y los que saltan.*



Esquema 5.51: Argumento de calentamiento del conductor, por choque entre electrones, combinando modelo de fluido y modelo cuántico

Finalmente en *Eps3#2* el grupo de profesorado especialista le presenta a un destinatario también especialista, el argumento respecto al fenómeno de calentamiento del conductor, dando como justificación los choques entre partículas (electrones que *pasan*, electrones que *saltan*, átomos, núcleo de átomo) vinculada con la resistencia y disipación de calor.

El razonamiento sobre calentamiento se manifiesta localizado en cada átomo de la *hilera* de átomos mediante la que se simplificó la idea de conductor, y el fenómeno se incrementa a medida que multiplican las porciones de longitud. De esto se concluye que más longitud supone más átomos, más resistencia y, en consecuencia, más *disipación de calor*, lo que conduce a sostener que la resistencia más larga calienta más. El grupo continúa sin diferenciar la diferente I

en ambas estufas, en consecuencia no distingue la velocidad de arrastre de los electrones, ni la energía cinética puesta en juego en las interacciones, por lo tanto no logra completar el argumento de la transformación de energía eléctrica en R.

Hemos de señalar que aunque se considera que los extremos del conductor se comportan como fuente y sumidero de electrones, se le da un toque de conocimiento académico al sostener la conservación de la carga.

También en esta instancia, el profesor Oscar asume el papel de portavoz ante el destinatario. Aunque en esta oportunidad intervienen Rosa y Zulma, pero de manera complementaria, ya que su participación responde a los planteamientos con que Oscar da continuidad al discurso.

247.O: *Nosotros si consideramos, por ejemplo, como un **filamento de cobre**. Supongamos formado tan delgado que sea **un átomo de cobre uno al lado del otro**.*

249.O: *¿Qué pasaba cuando **entraban electrones de la corriente eléctrica**? Entonces, empezamos a hablar de que...*

250.R: **Saltaban.....Claro.**

251.O: *De que el **nivel superior** se cargaba de **electrones que saltaban** y...*

251.R: *Que iban **saltando uno con otro**.*

252.O: *Y acá también **salían**. Pero qué pasaba?. En el momento que vos cortás esta entrada la **cantidad de electrones que se mantiene igual**, por eso que el alambre de cobre te sirve para muchos pasajes. No? Ahora bien, **cada uno de los átomos se iba oponiendo al paso y generaba esa resistencia que es la disipación del calor**.*

253.R: *Calor. Pero no nos acordábamos...Pero para mí , y para ellas también, era que **generaba calor porque al chocar los electrones unos con otros hacía una fuerza de rozamiento que generaba...disipaba calor. Pero...tanto no nos acordábamos**.*

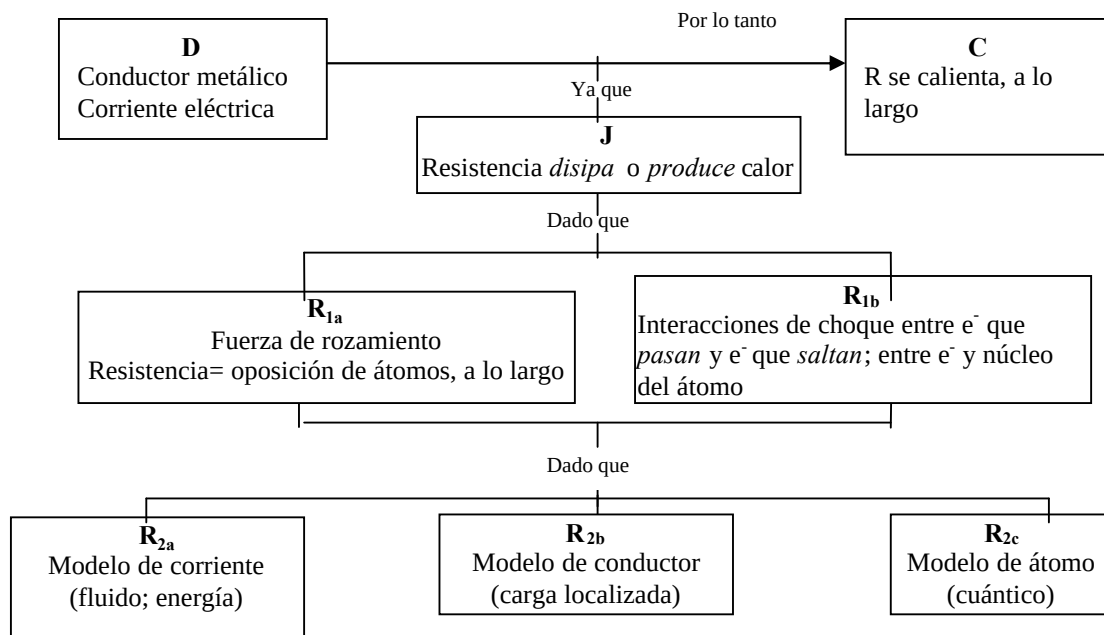
...

255.Z: **** que explique esa resistencia que es la que produce calor. Ahora **qué la produce**? Qué hablábamos con Oscar recién. Si es el **choque de los electrones contra el núcleo**...*

256.O: *Del cobre.*

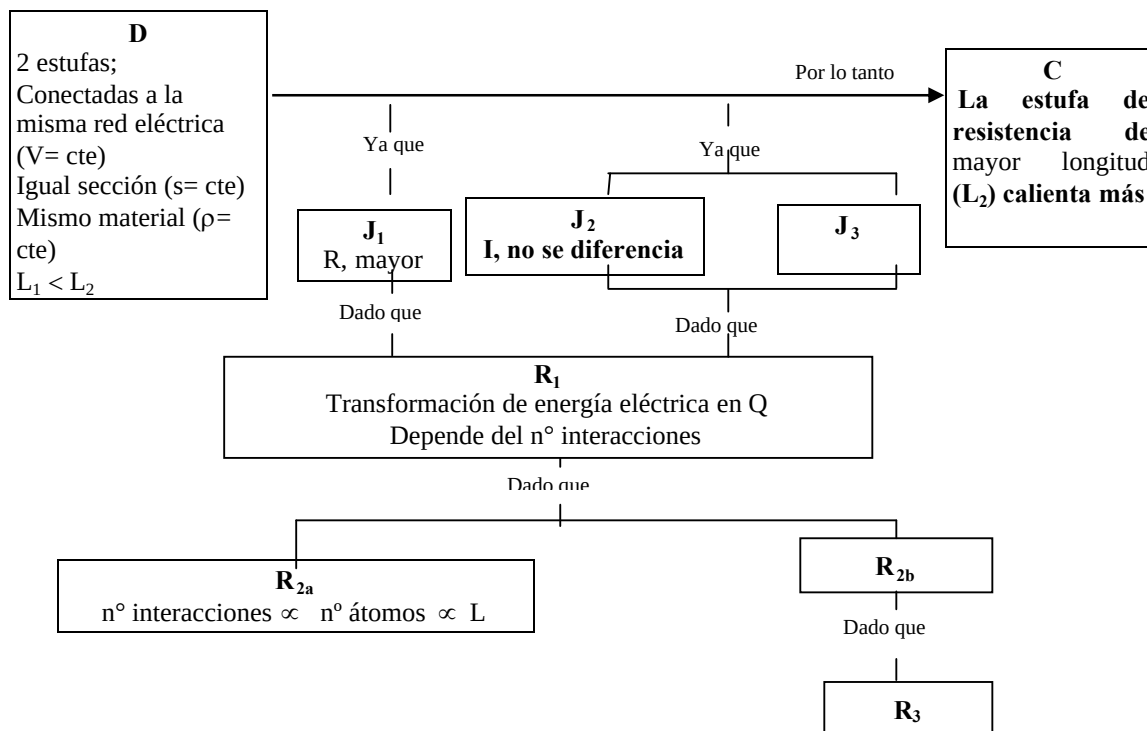
257.Z: *Del cobre. O sea el **choque de los electrones que entran entre sí, con los que van saltando**.*

En el Esquema 5.52 se pone en evidencia el argumento que el grupo presenta a otro especialista en Física, para explicar el fenómeno de transformación de energía eléctrica en la resistencia óhmica. La interacción mecánica (choques) entre partículas se reafirma como la causa del fenómeno. Tomamos este Esquema como representativo de los episodios desarrollados en la *Situación S₃*, dado que aparecen integrados los distintos elementos que se utilizaron en la misma. A diferencia de otros argumentos que eran sumatorio de las razones individuales, este representa una elaboración en grupo.



Esquema 5.52: Argumento grupal sobre el calentamiento del conductor, por choque o fuerzas de rozamiento a lo largo de la resistencia

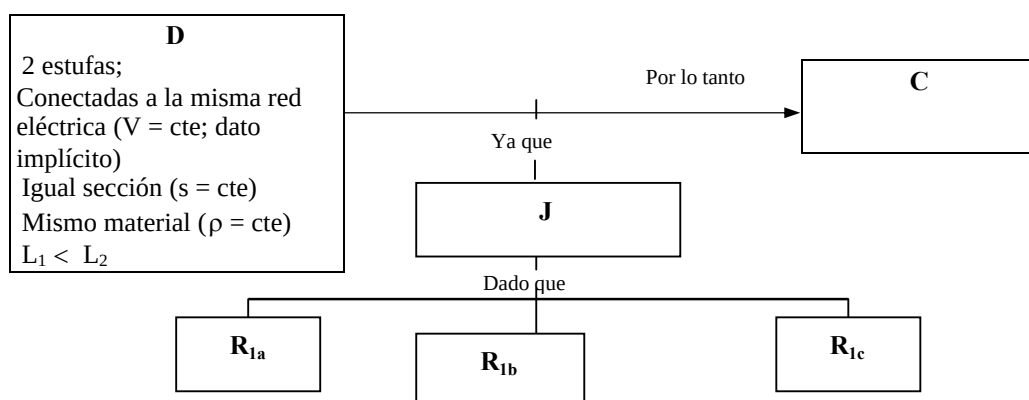
En Esquema 5.53 se procede a comparar el resultado de la argumentación en grupo frente a los esquemas referenciales.



Esquema 5.53: Comparación argumento del profesorado en ejercicio, para profesorado especialista, con el referencial basado en un modelo analógico

Hemos de señalar que los elementos utilizados, indicados en Esquema 5.53, son sólo algunos de los que constituyen el referencial basado en un modelo analógico, destacando que a lo largo de las diferentes situaciones se han mantenido los mismos elementos activos y los mismos elementos ausentes, estos referidos a la distinta energía cinética de los electrones en circuitos con distinta I , que no están presentes.

A continuación se pone de manifiesto la ausencia total de las leyes de la electricidad en el argumento que el profesorado elaboró para explicar el fenómeno a un par de profesorado de Física, razón por la que el Esquema 5.54 se muestra vacío. Situación lamentable ya que el destinatario podía entender el lenguaje de la Física, en el que las leyes se constituyen explicativas por excelencia.



Esquema 5.54: Comparación argumento del profesorado en ejercicio, para profesorado especialista, con el referencial basado en las leyes de la electricidad

En relación con estos esquemas comparativos se obtienen las siguientes Tablas 5.24 y 5.25 en las que se contrastan los perfiles argumentativos del profesorado en ejercicio en situación de argumentar la conclusión ante un especialista de la disciplina.

Referencial basado en modelo analógico		Profesorado en ejercicio
DATOS		
V = constante		
Sección (s) = constante		s
Resistividad (ρ)= constante		ρ
Longitud (L), mayor		L, mayor
JUSTIFICACION		
R, mayor		R, mayor
I, mayor (corriente eléctrica)		
Velocidad de arrastre, mayor		
RESPALDO		
Intercambio de energía cinética en calor	Depende del n° de interacciones	Depende del n° de interacciones
	Depende de la Ec. de los electrones	
N° interacciones $\propto$ n° átomos		n° interacciones $\propto$ n° átomos
n° átomos $\propto$ L		n° átomos $\propto$ L
Ec de los electrones $\propto 1/L^2$	Velocidad de arrastre $\propto$ I	
	I $\propto$ 1/L	
CONCLUSION		
L a resistencia de menor longitud		

Tabla 5.24: Perfil argumentativo de Profesorado en ejercicio en Situación S₃, basado en modelo analógico

Referencial basado en las leyes de electricidad		Profesorado en ejercicio
DATOS		
V = constante		
Sección (s) = constante		
Resistividad (ρ)= constante		
Longitud (L), mayor		
JUSTIFICACION		
I mayor		
RESPALDO		
R = $\rho \cdot L / s$		
V= I.R		
P=	V.I	
	I ² · R	
	V ² / R	
CONCLUSION		
L a resistencia de menor longitud		

Tabla 5.25: Perfil argumentativo de Profesorado en ejercicio en Situación S₃, basado en leyes de electricidad

El estudio de las tres *Situaciones* de la interacción entre los miembros, ha puesto de manifiesto qué conocimientos utilizan, cómo los utilizan, cómo varía el discurso según el contexto dado por la suposición del perfil del destinatario en cuanto a su capacidad de entender el lenguaje de las ciencias.

5.1.2.d. Otras dimensiones de la co-construcción del argumento entre pares del profesorado en ejercicio al resolver el problema auténtico

De igual forma que se hiciera para el estudio del discurso del profesorado en formación inicial (apartado 5.1.1.3), se realiza una sucinta caracterización de las operaciones argumentativas y epistémicas presentes en las intervenciones que resultan de la interacción entre pares del grupo. El conocimiento de la estructura y cantidad de operaciones argumentativas en relación con la intervención de los participantes, completa aspectos del perfil argumentativo del

profesorado en ejercicio. Se muestran los resultados del estudio a la *Situación S₁*, que representa las interacciones durante la resolución en grupo del problema, sin observador, y la explicitación ante el destinatario, supuestamente no especialista en Física, según solicita el instrumento de recogida de la información.

De las intervenciones que se presentan en la Tabla 5.26, surge el papel de conductor del discurso del grupo que asume el profesor Oscar. En relación con ello, emite conclusiones sobre su propia aportación y sobre las de sus pares. Con OA se indica las operaciones argumentativas que se identifican. En algún caso la conclusión de Oscar, corrige la sostenida por sus colegas. Por ejemplo cuando concluye que I es constante, corrigiendo la idea de Rosa respecto que I es mayor. Las conclusiones del profesor Oscar, conducen el proceso de apoyar la toma de decisión.

Intervención O		Intervención R		Intervención C	
Enunciado	OA	Enunciado	OA	Enunciado	OA
		...la relacioné con la ley de Ohm. Dije bueno a mayor resistencia mayor intensidad de corriente pero me quedé ahí.	J		
La intensidad de corriente es la misma	C				
				¿Cómo ***. si vos querés convencer a alguien?	
		Como que me quedé a mitad de camino	J		
...dije que este era el mismo fenómeno que hacía en la casa cuando enchufaba la plancha	J				
		Claro..			
Así como la corriente eléctrica le sirve para encender un foquito, le dije yo, ver la incandescencia que produce luz.	J				
		Claro.			
También le sirve para calentar una plancha al desprender calor,.....el mismo caso de la plancha pasa para el ambiente	C				

Tabla 5.26: Interacción entre pares en $Ep_{S1}\#1$, líneas de intervención 24-32

Respecto a qué operaciones argumentativas se identifican en cada intervención del episodio seleccionado, se nota que los enunciados emitidos por el profesor Oscar constan, en muchos casos, de Datos, Justificación y Conclusión. Esto se manifiesta aún más, cuando asumiendo la voz del grupo, argumenta ante un destinatario ajeno al grupo, según se ilustra en Tabla 5.27 donde se utiliza el mismo código (CD) de subrayado de operaciones

argumentativas que en el estudio del discurso del profesorado en formación inicial, en el apartado 5.1.1.b. Se recuerda el código (CD) de subrayado: el Dato se subraya con línea puntos, la Justificación con línea completa, el Respaldo con doble línea y la Conclusión con ondas.

Se observa que, aunque el citado profesor asuma la voz *del grupo*, el discurso que brinda al destinatario, es prácticamente su propio discurso elaborado en instancia individual y ante el grupo, en la *Situación S₁*. La apropiación de su propio argumento es prácticamente textual en los tres momentos que lo explicita, con la consideración que al estar frente al destinatario lo impone como argumento del grupo, sin que ningún par objete nada sobre la falta de incorporación de elementos que los mismos aportan.

Línea N°	Participante	Enunciado	Operación argumentativa
61	O	<u>Hay que calefaccionar un ambiente que es grande, entonces vos utilizás la energía eléctrica como la que tenés en tu casa...</u> <u>¿Para qué la usás a la que tenés en tu casa? La podés usar para iluminarte cuando esa energía eléctrica pasa a través de un filamento se pone incandescente y te da luz. Ahí la energía al transformarse de eléctrica en luz. Lo hacés también con la plancha. ¿Vos querés algo caliente en tu casa? enchufás y la corriente eléctrica te produce en tu plancha calor.</u>	D ₁ C ₁ D ₂ J ₁ C ₂ D ₃ C ₃ J ₂
62	O	<u>Acá va a producir calor exactamente por el mismo fenómeno. En la plancha cuando vos se te quema, ¿qué decís? O no funciona, ¿qué decís?... Se te quemó la resistencia.</u>	JDC
63	O	<u>Acá lo mismo, el calefactor este, va a tener una resistencia que al pasar la corriente eléctrica va a oponer una resistencia y va a oponer al paso de la transformación al calor. Cuánto más larga sea la resistencia mayor... mayor calor? va a ser el que se oponga... mayor cantidad de material va a ser el que se va a oponer a ese pasaje y va a desprender mayor cantidad de calor que se va a...</u>	C ₁ DJ ₁ J ₂ J ₃ C ₂
CD: se subrayan las operaciones argumentativas: <u>Datos</u> ; <u>Justificación</u> ; <u>Conclusión</u> ; <u>Respaldo</u>			

Tabla 5.27: Operaciones argumentativas en líneas de intervención del episodio Ep_{S1}#3

En la siguiente Tabla 5.28, se pone de manifiesto que en *Situación S₁*, sobre un total de 64 líneas de intervención, cincuenta y cinco (55) presentan operaciones argumentativas. Las líneas sin operaciones argumentativas, en general, son importantes para la interacción y continuidad del discurso, apareciendo con más frecuencia al comienzo de la interacción en grupo.

Si bien no se observa casi diferencia entre la cantidad de intervenciones que contienen operaciones argumentativas de cada participante (Zulma,15; Oscar,17; Clara, 9 y Rosa,14), sí se incrementa la diferencia en la estructura de

las argumentaciones, a medida aumenta la cantidad de operaciones argumentativas, independientemente del conocimiento activado.

Se ha hecho referencia a la existencia de líneas de intervención compuestas por varias operaciones argumentativas, por ejemplo, en Tabla 5.28, la línea 6 emitida por Oscar, se compone de Dato, Justificación y Conclusión, mientras que el resto del profesorado manifiesta enunciados con solo una o dos operaciones argumentativas. Se observa en el episodio *Ep_{S1}#3* la multiplicidad de operaciones argumentativas (61:**D₁C₁D₂J₁C₂D₃C₃J₂**) que utiliza Oscar en la intervención que realiza en presencia del destinatario. En un principio, con menos Justificaciones frente a Datos y Conclusiones, luego más Justificaciones (63:C₁D,J₁J₂J₃C₂) que refuerzan el discurso con el fin de convencer sobre la conclusión que apoya la decisión tomada. Esta información permite poner en evidencia la tendencia en el grupo a un argumento *retórico* o *autoritario* (Scott y Mortimer, 2002) centrado en *una sola voz o perspectiva*.

Situación, S₁									
Episodios	Líneas de intervención	Operaciones argumentativas por línea				Cantidad de líneas sin Operaciones argumentativas			
		Z	O	C	R	Z	O	C	R
Ep_{S1}#1	1-41	2:D;5:D; 9:C;16:D; 18:C;20:DJ;2 3:JC;33:J	1:D;6:DCJ; 15:J;17:CJ;19: D;21:C;25:C;28 :C; 30:J;32:JC;34:J DJ;39:D	2:D;8:J; 10:C;12:J; 22:C;35:J; 38:JD;	2:D;4:D;7:C1 4:J;18:C; 22:C;24:J; 27:J;36:J; 41:J		2	2	2
Ep_{S1}#2	42-57	43:CJ;45:C;4 7:J;53:J; 54:D;56:J	51:JC;52:J	48:JD	44:J;55:J; 57:C		2		2
Ep_{S1}#3	58-65	65:C	61:D ₁ C ₁ D ₂ J ₁ C ₂ D ₃ C ₃ J ₂ 62:JDC 63:C ₁ D,J ₁ J ₂ J ₃ C ₂ 2 65:C	65:C	65:C				

Tabla 5.28: Operaciones argumentativas en intervenciones de episodios de Situación S₁ de co-construcción de argumento del grupo de profesorado en ejercicio.

El estudio realizado ha resultado relevante para poner en evidencia las formas de *aproximación comunicativa* presentes en la interacción entre pares de profesorado en ejercicio, y las actitudes hacia colegas de la propia disciplina o ajenos a la misma y con respecto a la disciplina misma. La dificultad que encontró el profesorado en la elaboración de las razones sobre el fenómeno de calentamiento, en otras palabras el fenómeno de transformación de energía

eléctrica en energía térmica, constituyó la clave para que surgieran tales interacciones y actitudes.

Los pares de Zulma, en general desestiman sus aportaciones, por ejemplo cuando habló de *pelotitas*. Sin embargo, dejan pasar la posibilidad de cuestionarlas cuando sus propios enunciados o terminología se aleja de lo académicamente correcto.

16.Z: Una de las cosas que le **pregunté** era **si el alambre tenía la misma longitud**. Porque por ahí podía ser...

17.O: **No. Porque te dice que no.**

....

20.Z: Pero tiene una mayor longitud. Pero qué. **Podría llegar a tener mayor longitud el tubo y el alambre de adentro...**

21.O: **A no!** se refería a la resistencia!

El grupo observa una crítica selectiva, para con un par, justamente aquella que se permite expresiones de duda, frente a colegas que mantienen afirmaciones desde autoridad docente.

225.Z: Pero automáticamente al desprenderse **fotones, no es energía calórica?**

226.R: **No.**

227.C: **No**, porque podés tener un proceso que sea todo lumínico.

Aún cuando coincidan con lo enunciado por Zulma, el profesorado antepone un **NO** a lo dicho por la profesora.

43.Z: *Sí, que vamos a comprar la de mayor longitud porque al tener mayor resistencia...*

44.R: **No.** Mayor longitud, hay mayor resistencia.

Se detecta una actitud similar a una evaluación escolar hacia la profesora Zulma, que además de ser la más joven del grupo y única con formación no universitaria, tuvo su formación inicial de profesorado en la institución donde el profesor Oscar ejerce docencia. Las situaciones de interrogatorio, demanda de justificación y valoración desaprobatorias son dirigidas prácticamente sólo a ella.

91.O: **Es como si vos a un chiquito que tiene un año y habla algunas palabras bien le hagás decir “mema” cuando puede decir “mamadera”**

...

206.O: Bueno, y entonces **yo te hago la pregunta:** ¿Y por qué esto se calienta?

Las críticas apuntadas a Zulma, constituyen un ejemplo de la dificultad que encuentra el grupo mismo para argumentar sobre el fenómeno físico del que trata el problema auténtico, sin embargo justifican la situación de no utilizar conocimiento académico recurriendo a la estrategia de depositar el problema en el profesorado no especialista, destinatario de la argumentación. Con total

naturalidad responsabilizan de las elaboraciones docentes, al destinatario que no sabe. De manera que quedan relevados de la responsabilidad de encontrar elementos y formas de argumentación respecto de las cuestiones de la Física pertinentes a la resolución del problema, ante ese destinatario.

Atribuyen al bajo nivel de conocimiento o capacidad de entender del profesorado no especialista en Física, la causa del bajo componente académico que reviste el argumento elaborado por el grupo de profesorado en ejercicio. Postura contraria al ejercicio de la docencia que tiene su razón de ser precisamente por la existencia de alguien que aprende y, por lo tanto, no sabe. Esta actitud despectiva hacia quien no sabe, como modo de justificar el bajo nivel académico de la argumentación, ya se había detectado en el discurso de la profesora Clara al resolver el problema individualmente.

8.IA: Vos pensá que yo soy una Profesora de Literatura ...

9.C: Y..*que no saben , no entienden nada...*

Esta forma de proceder se observa también cuando el problema se resuelve en grupo pues es compartida por otros participantes del mismo.

69.O: *Bueno, no te queremos hablar... del flujo de electrones, PORQUE NO VAS A ENTENDER.*

...

90.Z: *Claro, pero sabés que pasa? Yo les tengo que hablar en este nivel, porque el nivel de ellos digamos...es muy bajo. Es muy bajo, por eso tengo que explicarle de esta forma...*

...

144.O: *Nosotros justificamos por ahí porque estábamos hablando a una persona que no tenía ni idea de Física.*

Llama la atención que, entre las estrategias que utiliza el profesorado para disculparse de que su propia argumentación no se respalde en los conocimientos de la Física, aparezca la inédita excusa del poco gusto que tiene por dicha disciplina, pues eligieron estudiarla y desempeñar su labor docente por medio de ella. Cualquier excusa les sirve para explicar por qué, al resolver el problema, no fundamentan su explicación en el conocimiento científico deseable.

238.Z: *Tan finito, no!*

239.R: *Empezando que no me gusta Física.*

240.R: *No, no me gusta Física.*

241.C: *Pero tampoco hilar tan finito, si...*

Ante la resistencia que se percibe en el grupo, a lo largo del discurso, para reconocer su propia dificultad a la hora de elaborar un argumento satisfactorio, el

desarrollo de las distintas *Situaciones* se cierra con un resultado relevante: el reconocimiento que tienen de la dificultad para justificar el fenómeno físico del que trata el problema auténtico. Esto representa un paso fundamental para que el profesorado en ejercicio note la necesidad de resolver el problema real quizás desde otra perspectiva diferente a la que adoptaron: **No sé como explicar... No nos acordamos mucho...**,

213.Z: **No sé como explicar.**

236.C: *Lo que vos estás diciendo, para mí también. Yo lo leí en alguna parte. Como que la fuerza de rozamiento entre los electrones generaba calor. Pero tanto no sé...Yo no me acuerdo tanto.*

237.R: **Yo tampoco.**

...

244.R: **Nos quedamos...**

246.R: **No nos acordamos mucho**

...

258.IDI: O sea que hasta aquí llegaríamos a un avance que a lo mejor **necesitaría un poco más de profundización.**

259.O: *Indudablemente.*

260.O, Z, C, R: **Seguro!**

El proceso de co-construcción del argumento en grupo brinda, además, información respecto a las operaciones epistémicas que utiliza el profesorado en ejercicio, cuando interaccionan entre pares, para resolver el problema auténtico y elaborar un discurso argumentativo destinado a personas sin formación específica en Física. Se ilustra con algunos ejemplos de operaciones epistémicas encontradas.

Definiciones

Se encuentra pocas definiciones. alguna de ellas muestra la confusión existente entre corriente eléctrica e intensidad de corriente. .

161.O: *...Digamos... cuando pasa la corriente eléctrica, hablo que **cuando pasa la corriente eléctrica esta diciendo intensidad y tiempo...***

Definen resistencia como el nombre de una magnitud física.

129.C: *...cuando vos comprás una estufa que tenga una mayor longitud vas a obtener lo que se llama **una magnitud física que nosotros le decimos resistencia***

Además utilizan el término *fotón*, cuando incursionan en otros paradigmas buscando otro camino para resolver la cuestión del calentamiento de la resistencia.

220.O: *Cuando lo dejás de exitar vuelve y emite **un fotón, que es energía**.*

221.R,Z: *Sí.*

222.Z: **Es energía calórica.**

223.O: *Es luz.*

224.R: *Es luz. **Los fotones son luz.***

Clasificaciones

Prácticamente no se encuentran clasificaciones, lo más parecido a una clasificación tiene que ver con formas de denominar o con terminología que se aplica a distintos elementos intrínsecos del circuito eléctrico, tales como electrones, llamados *pelotitas* o cargas, y resistencia.

75. Z: *... les dije que hicieran de cuenta que dentro del alambre tienen pequeñas **pelotitas**. Que esas eran las **cargas** que había dentro del conductor.*

83.IDI: *Así que el roce ese se produce, se produce entre esas pelotitas, pero esas pelotitas qué son?*

84.R,O: *Electrones.*

Relaciones causales

La relación causal es la operación epistémica que aparece con mayor frecuencia. Para cada efecto se busca una causa. Por ejemplo, el calor es causado por la resistencia, la resistencia es causada por el choque de los electrones, los electrones entran porque entra corriente eléctrica, otros electrones saltan porque la corriente lleva energía, luego chocan.

216.O: *La **resistencia que se opone al pasaje de los electrones libremente y eso es lo que desprende calor**, lo que pasa.*

255.Z: **** que explique esa resistencia que es la que **produce calor**. Ahora **qué la produce?** Qué hablabamos con Oscar recién. Si es **el choque de los electrones contra el núcleo...***

257.Z: *Del cobre. O sea el **choque de los electrones que entran entre sí, con los que van saltando?***

Analogías

Cuando el profesorado trata sobre cuestiones referidas al movimiento de las cargas surgen analogías con la que se intenta dar sentido físico a los procesos microscópicos. De este modo se vinculan los electrones con análogos de la vida cotidiana como por ejemplo *pelotitas*, o situaciones de sentir o actuar de los seres vivos, tales como la expresión *le agarra un ataque*, para describir el comportamiento de los electrones.

75. Z: *... Para explicarle a los chicos **cómo transformaba la energía eléctrica**, les dije que hicieran de cuenta que dentro del alambre tienen pequeñas **pelotitas**. Que esas eran las **cargas** que había dentro del conductor...*

...
 195.O: Si vos estás **metiendo energía a través de la corriente eléctrica** lo que estás poniendo...
 197.R: **Exitando, lo desestabilizás.**
 198.O: Vos que hacés. Al exitar éste **le “agarra un ataque”**

Comparaciones

Exceptuando las analogías, las comparaciones que se encuentran son pocas, bastante superficiales y se refieren al mismo fenómeno pero en otro artefacto. Constituyen ejemplos, más que comparaciones.

28.O: Yo lo que dije que este **era el mismo fenómeno que hacía en la casa cuando enchufaba la plancha**

...
 67.O: Y también podés **obtener luz, como en un foco, según sea de 40, 50, 100.**

Construcción de datos

En la construcción de datos, toman del enunciado del problema solamente el dato explícito, la longitud de la resistencia, y su variación. Era de esperar que todos dieran el mismo significado a tal dato, sin embargo se observa la convivencia de distintas acepciones, que cada uno incorpora de su discurso individual.

1.O: **Rápido. Tenemos que comprar una...**
 2.R, C,Z:...**Una estufa.**
 3.O: **Sí...entonces.**
 4.R: **Pero de igual sección de R pero distinta longitud.**
 5.Z: **Del mismo material. Tienen igual sección o sea....del mismo grosor pero tiene mayor longitud que la otra.**

No se recupera el dato de que las estufas están conectadas a igual diferencia de potencial (la misma red eléctrica), dato que con seguridad conoce la totalidad del grupo.

También se relaciona con esta operación epistémica, la suposición de datos del ambiente o contexto, como punto de partida para el establecimiento de relaciones causales con la decisión a tomar.

6.O:...Yo, en el caso mío, le pregunté como era la...**cómo era el lugar que tenía que calefaccionar**, porque de ahí depende...¿para qué voy a comprar una que tenga mayor gasto?...

...
 61.O: **Hay que calefaccionar un ambiente que es grande**, entonces vos utilizás la energía eléctrica, como la que tenés en tu casa....

Transformación de datos

El profesorado conoce las leyes de electricidad, donde la intensidad de corriente es una de las variables. Pero, en la interpretación del problema se la

ignora como tal variable, transformándola en un dato implícito y constante. De modo que se acentúa la tendencia a construir el argumento sobre la relación de R en función de L.

36.R: Claro, porque **la formulita dice que la cantidad del calor depende de la intensidad al cuadrado....ya no me acuerdo más...La R por tiempo por...**

38.C: Yo sabía que **la R estaba directamente relacionada con la cantidad de calor, y como la R es la misma, la longitud..... y era....**

39.O: Yo consideré **la R, la longitud y eso y nada más.**

Explicación

Jorba y Sanmartí (1996) definen la explicación como la presentación de razonamientos o argumentos, estableciendo relaciones, en cuyo marco las cuestiones explicadas toman sentido y llevan a comprender el estado de conocimiento. En nuestro caso hay que señalar que cuando los profesores interaccionan en grupo para construir la explicación del problema, lo hacen entre pares. Sin embargo parece como si se estuvieran dirigiendo a un tercero, del colectivo del alumnado o no, sobre quien han supuesto que no sabe física.

Utilizan diversas estrategias tales como: reconstrucción de explicaciones reales de aula, razonamiento por analogía, planteamiento de pregunta-respuesta del propio profesorado, causalidad en el análisis del fenómeno. Si bien la presencia de relaciones causales son características de cualquier explicación, algunas de ellas carecen de sentido científico (*se produce el choque con otras partículas que ellas (las cargas) tienen adentro*).

75. Z: **..Te digo como lo expliqué yo. Lo dí hace dos clases atrás. Para explicarle a los chicos cómo transformaba la energía eléctrica, les dije que hicieran de cuenta que dentro del alambre tienen pequeñas pelotitas. Que esas eran las cargas que había dentro del conductor. Entonces la energía eléctrica, ¿qué iba a provocar?...Que esas cargas comiencen a moverse. Al empezar a moverse la primera... ¿Qué va a producir?. Un choque entre las otras partículas que ellas tienen adentro. Al chocarse esas partículas y al estar en movimiento es que se produce la transformación debido a ese roce y se provoca el calor.**

Otra estrategia consiste en hacer referencia a las *sensaciones*, que sustituyen a los razonamientos y argumentos. El hecho mismo de utilizar el ejemplo de *sentir el efecto del calentamiento*, se confunde con explicar el fenómeno de transformación de la energía. Dicha estrategia se aleja de aquellas deseables para el ejercicio de una docencia responsable que pretendan la evolución del estado del conocimiento del que aprende. Los *sentidos* se vinculan con el fenómeno, pero no lo explican.

118.C: *Yo te quería decir, que si te resulta difícil relacionar la energía eléctrica con la plancha ...yo bueno te digo más fácil.. Querés **verlo**, encendé la luz de uno de tus veladores, dejala un poquito tiempo y ponés solamente por encima y sin tocar el foco, la palma de la mano, y vas a **ver** que la energía que pasó a través de toda la conexión eléctrica...y vos vas a **sentir** una sensación de calor.. vos ahí, estás **viendo** como la energía eléctrica...se transforma en calor.*

El estilo de la explicación, se caracteriza por el planteamiento de interrogantes, a los que el mismo profesorado da respuesta a medida que desarrolla el razonamiento base de la explicación. Es un estilo socrático utilizado en la práctica docente para la conducción del razonamiento del destinatario, donde se da continuidad a la explicación mediante interrogantes, ¿por qué?, ¿cómo?, ¿para qué? u otros que el profesorado mismo se contesta con actitud de autoridad sobre el conocimiento, conforme a la lógica que propone en la explicación.

Se pone de manifiesto que cuando no se encuentra explicación, la responsabilidad siempre se deposita en el otro, mientras que se da por supuesto que el conocimiento que la resuelve siempre forma parte del capital del profesorado. Los saltos en la explicación, en algunos casos fundamentales para la comprensión de la cuestión planteada, constituyen formas elegantes de ocultar puntos fundamentales de la explicación. Desde su postura de autoridad académica, el profesorado no se plantea interrogantes sobre cuestiones que podrían mostrar los puntos débiles de su explicación o no sabrían qué o cómo resolver. Dichos interrogantes, que desde algún paradigma de la práctica docente pudieran verse como debilidad, desde una enseñanza de las ciencias basada en la resolución de problemas auténticos, serían fundamentales para la construcción del conocimiento.

61.O: *Hay que calefaccionar un ambiente que es grande, entonces vos utilizás la energía eléctrica.... **¿Para qué la usás a la que tenés en tu casa?. La podés usar para iluminarte cuando esa energía eléctrica pasa a través de un filamento se pone incandescente y te da luz. Ahí la energía al transformarse de eléctrica en luz. Lo hacés también con la plancha. ¿Vos querés algo caliente en tu casa? enchufás y la corriente eléctrica te produce en tu plancha calor.***

...

62.O: *Acá va a producir calor exactamente por el mismo fenómeno, en la plancha, **cuando vos se te quema, que decís? O no funciona, que decís?... Se te quemó la resistencia***

...

175.C: *Le digo **si vas a comprar un calefactor para tu dormitorio, qué vas a elegir? Que tenga muchas calorías o pocas calorías?. Indudablemente el que tiene muchas calorías. Bueno. Listo! Encontramos la relación que había entre la longitud y la resistencia? Sí!***

Se observa que la localización del discurso explicativo es diferente según la situación. Cada integrante del grupo habla en primera persona cuando el destinatario es un par: *Yo...sabía..., Yo lo dije..., Yo lo consideré...* En cambio, cuando el destinatario es una persona ajena al grupo, simulan que esa persona es quien razona la situación: *Si vos decís..., Cuando vos comprás...* En este caso el modelo que se adopta es el de cognición guiada por el profesorado especialista

61.O: *Hay que calefaccionar un ambiente que es grande, entonces **vos utilizás** la energía eléctrica, como la que tenés en tu casa.... ¿**Para qué la usás** a la que tenés en tu casa?*

71.O: ***Si vos decís** que hay una energía que avanza a través de un medio, el medio se opone a su avance.*

118.C: *... Entonces vos ahí, estás **viendo** como la energía eléctrica...*

129.C: *...**cuando vos comprás** una estufa que tenga una...*

193.O: *¿Qué tenés como conductor? Tenés como conductor un cable de cobre. **Si vos hacés** un cable tan finito que sea átomo, átomo de cobre y uno al lado de otro...*

Acciones estereotipo o procedimientos y técnicas de profesorado

La práctica docente se caracteriza por aplicar en el aula estrategias que apoyen la enseñanza. En el caso de la enseñanza de las ciencias algunas acciones son estereotipos del discurso en el aula de ciencias, entre ellas la recurrencia a utilizar esquemas, dibujos, formulaciones simbólicas, referencias a secuenciación de contenidos del diseño de aula o toma de decisiones para la transposición didáctica. Se ilustra con algunos ejemplos.

Utilización de esquemas o dibujos

Existen cuestiones de modelización en las que el profesorado requiere de lápiz-papel o de pizarrón-tiza para que una imagen sea soporte de la explicación.

88.IDI: *A ver como lo explicarías?.*

89.O: *Yo si bien, digamos, estructura atómica....le **dibujaría** átomos*

...

192.R: *Si bueno, empezar por estructura atómica, supongo. Yo creo a no ser que ya lo hayamos dado.*

193.O: *¿Qué tenés como conductor? Tenés como conductor un cable de cobre. **Si vos hacés (realiza un dibujo) un cable tan finito que sea átomo, átomo de cobre y uno al lado de.. otro.** Y cada uno tiene un núcleo y sus niveles de energía con electrones que giran , entonces vos le estás dando...*

Sustitución de variables en las ecuaciones que representan leyes

Otro procedimiento utilizado es la transformación de fórmulas por medio de reemplazar alguna variable por otra. Esta estrategia se aplica con el fin de obtener

una expresión simplificativa de la situación, en la que las variables de tal expresión final coincidan con los datos de los que se dispone.

162.C:...**Pero si vos reemplazás estas 2 fórmulas acá** (se refiere a $Q = I^2 \cdot R \cdot t$, $0,24 \text{ cal/J}$ y $R = \rho \cdot L/S$) **ya estás relacionando el calor con la longitud.**

Secuenciación de contenidos

He aquí una de las acciones estereotipo que ocurre en un grupo integrado por profesorado en ejercicio, la secuenciación de contenidos en el diseño de programación de aula. Que en la elaboración de una explicación o argumento se tenga en cuenta los conocimientos previos en relación con el desarrollo del diseño curricular sobre el concepto de electrón y modelo atómico, es representativo del colectivo docente, en este caso de ciencias.

81.R: **Vos ya diste el concepto de electrón?**

82.Z: **Sí. Yo ya dí el concepto de electrón, porque lo tomo desde la Química. Porque..yo ya empecé con toda química inorgánica. El año pasado ellos ya vieron toda la parte de distribución electrónica, la parte de núcleo, de distribución alrededor del núcleo, partículas y todo eso.**

Complejidad del conocimiento objeto de aprendizaje

En el presente estudio se ha logrado evidenciar algunos aspectos relacionados con la transposición didáctica que realiza el profesorado cuando elabora su discurso explicativo. Se ha puesto de manifiesto que condiciona el proceso al tipo de interlocutor, en función de si tiene o no capacidad de entender, seleccionando un discurso basado en conocimientos cotidianos y utilizando términos alejados de la ciencia escolar deseable. En lugar de esforzarse en adecuar el conocimiento científico para que el que no sabe aprenda, fomenta que esa persona no se alfabetice científicamente, sea alumno, par, o ciudadano común.

La finalidad de *convencer* al otro, se pretende lograr relacionando la cuestión problemática con hechos contundentes del conocimiento cotidiano o de la percepción. Este enfoque seguramente es válido en distintos campos de la vida del ciudadano. Pero cuando el responsable de convencer a otro es del colectivo de profesorado de ciencias, sería de esperar que lo hiciera con razones sustentadas en conocimiento académicamente deseable.

6.O: **Aquí... cómo lo consideramos, desde el punto de vista físico? Desde el punto de vista, como lo consideramos siempre nosotros, de comprar la más barata, la que menos calienta...? Lo que sea...**

Respecto a la perspectiva desde la que enfocar la resolución del problema, llama la atención que el profesorado de Física, en un contexto de formación permanente específico de la enseñanza de la disciplina, se pregunte si debe resolver desde el conocimiento de la Física: **SI LE VAMOS A EXPLICAR YA FISICAMENTE. CAMBIA TODO!!**

73.O: *Una energía que avanza..Le estamos hablando a una persona que no tiene no idea, SI NO, SI LE VAMOS A EXPLICAR YA FISICAMENTE. CAMBIA TODO!!*

5.2. Conclusiones e implicaciones

Hemos estudiado en el presente capítulo, el perfil argumentativo del discurso utilizado por el profesorado, de la muestra investigada, en formación inicial y en ejercicio, que participan en la formación permanente en el contexto de la Universidad del Centro de la Provincia de Buenos Aires. Dicho perfil se ha puesto de manifiesto cuanto resolvieron un problema auténtico en el que debían elegir entre dos estufas eléctricas para calentar la sala de profesores del centro en el que trabajan.

De este modo hemos obtenido una aportación relevante para la investigación en el campo de la enseñanza de las ciencias: el registro del *discurso académico* del profesorado, que ha sido mucho más esquivo de conseguir que en el caso del alumnado.

El *discurso académico* (Núñez y Espejo, 2004), se diferencia del discurso científico tanto por la temática como por usuarios. Dicho discurso, utilizado por el profesorado y estudiantes en el ámbito de la producción y circulación del discurso científico, constituye el vehículo por el cual se producen, constatan, aplican y difunden, sistemáticamente, los *conocimientos especializados de relevancia social*, preferentemente, por medios lingüísticos en la academia (Universidad, Institutos Superiores). El discurso científico se refiere a los distintos saberes o conocimientos acerca de la realidad, contruidos de acuerdo con las metodologías propias de la ciencia y utilizadas por los científicos en sus comunicaciones especializadas.

El profesorado, de la muestra investigada, cuenta con formación específica en la enseñanza de la disciplina Física. Se le supone, por lo tanto, dotado de

conocimiento académico sobre el fenómeno de transformación de energía eléctrica en una resistencia óhmica. Justamente este fenómeno es central para explicar el problema real utilizado como herramienta para poner al profesorado en situación de elegir, entre dos estufas, aquella que calienta más. Además, nos da la oportunidad de recoger su discurso.

El problema explicita algunos datos. Como datos implícitos figuran aquellos que se podrían suponer que forman parte de la cultura de todo ciudadano, más aún del profesorado especialista que forma a la nueva ciudadanía sobre cuestiones relacionadas con los circuitos eléctricos y con la energía eléctrica. Nos estamos refiriendo a los datos que el fabricante indica en la etiqueta adherida en cada artefacto eléctrico: la diferencia de potencial a la que se conecta el artefacto y la potencia eléctrica del mismo, a partir de los cuales es posible cuantificar la energía eléctrica que se transforma durante el tiempo de uso del artefacto.

La resolución del problema real evidentemente vincula ciencia y tecnología con un tema de interés para la sociedad actual y reviste implicaciones sobre el papel activo del ciudadano para intervenir en el impacto ambiental, en un tiempo en el que los recursos energéticos son un tema de preocupación *global*. Cada vez, con más frecuencia, los medios divulgan la problemática sobre la creciente demanda energética, utilizando el concepto de potencia eléctrica, justamente casi ausente en el discurso del profesorado.

Si el profesorado de Física de la muestra investigada abordara el problema en términos de las características técnicas de las que dispone el ciudadano, tal como hacen los ingenieros y técnicos especialistas en electricidad, surgiría naturalmente la perspectiva de evaluar la potencia eléctrica ($P=V.I$). Fácilmente se podría notar que para V constante, correspondería una mayor potencia *disipada*, determinante del mayor calentamiento, a una mayor intensidad de corriente eléctrica. Aplicando las leyes básicas de la electricidad, como la Ley de Ohm, e indicando R en función de sus dimensiones, sería posible inferir que I se relaciona inversamente con R . Se podría concluir de este modo que a una menor R , que está directamente relacionada con la longitud, corresponde una menor longitud (L), y que la estufa de resistencia más corta es la que calienta más. Esta simple resolución del problema, expuesta en menos de diez líneas del presente párrafo, no aparece en el profuso discurso de cientos de líneas que emite el profesorado

que, aunque no resuelve el problema, tiene para la investigación su punto favorable en el sentido de que brinda amplia información sobre las estrategias argumentativas del mismo.

El análisis de la información registrada ha puesto de manifiesto rasgos distintivos respecto a qué conocimiento utilizan los profesores y cómo lo aplican al resolver el problema auténtico que plantea una situación de toma de decisión. Además se hacen explícitos los procedimientos para la co-construcción de argumentos -operaciones epistémicos y formas de aproximación comunicativa- que permiten concluir el perfil argumentativo del profesorado, valorar la utilidad del problema auténtico como instrumento de recogida de información del profesorado y extraer implicaciones para la enseñanza de las ciencias.

5.2.1. Conocimiento que utiliza el profesorado y cómo lo usa.

Teniendo en cuenta que el problema auténtico supone tomar decisiones basadas en la transformación de energía eléctrica en una resistencia óhmica, se encuentra que en ciertas situaciones el profesorado adopta enfoques de resolución alternativos ajenos a la cuestión, mientras que en otras sí enfocan la problemática de la transformación de energía.

El profesorado utiliza un enfoque alternativo cuando supone que los destinatarios de la explicación tienen dificultades de *comprensión*, entre los que incluyen a sus propios alumnos y a los adultos que no pertenecen a la comunidad del profesorado de Física. Entre los enfoques alternativos es posible citar:

- El aspecto económico, relacionado con la compra del artefacto.
- El del sentido común, basado en sensaciones de calor.
- Determinados ejemplos, enunciando otros artefactos donde se produce el mismo fenómeno e inclusive artefactos de calefacción que no transforman energía eléctrica.
- El cambio del fenómeno planteado, que consiste en cambiar la transformación de energía eléctrica por la de transmisión del calor.

Este último enfoque reviste, en algunos pasajes del discurso, puntos comunes que requieren el tratamiento del enfoque de la transformación de energía, motivo por el cual el argumento luce como pertinente al problema y enmascara bastante bien que no aborda la problemática planteada, resultando

engañoso. Aunque no se puede poner en duda la honestidad del profesorado, ya que no se encuentran indicios de que lleguen a captar lo alternativo del tratamiento dado, tenemos nuestras dudas sobre la honestidad del lenguaje utilizado.

El profesorado en ejercicio, en vez de justificar el calentamiento de un ambiente mediante la transformación de energía eléctrica en energía térmica, en resistencias óhmicas distintas, lo hace en función del fenómeno de la transmisión de calor por radiación a partir de un elemento caliente. El resultado es que elaboran un argumento alternativo, pero fuertemente coherente, a través de la estrategia de incorporar datos como el tamaño del ambiente a calentar, interpretar el dato de la longitud como el tamaño del elemento que constituye la resistencia, la disposición de la resistencia en forma de espiral sobre un soporte cilíndrico, aludir a la cantidad de calor radiada por el material incandescente, *al rojo*; o apoyarse en referencias tomadas de la vida cotidiana tales como ejemplos de calefacción por combustión a gas y mención a las *calorías* como unidad de medida asociada a cantidad de calor. Cualquier estrategia vale, si hay que *persuadir* (Burdach Rudloff y col., 2005).

En relación con el fenómeno de la transformación de energía eléctrica en térmica, se pone en evidencia que el profesorado en ejercicio está influenciado por el tópico *transmisión del calor*, que enseña en el aula, donde la cantidad de calor (Q) es central y las calorías constituyen el lenguaje cotidiano de cuantificación del calentamiento, a pesar del esfuerzo que debería poner el profesorado en expresarse en *watt*, según el Sistema Internacional, independientemente de que el artefacto calefactor sea eléctrico o a gas.

Si bien puede parecer que el profesorado se abre al conocimiento cotidiano, resulta poco factible que el aprendiz se encuentre en condiciones de relacionar calorías y Joule si no conoce que $1 \text{ cal} = 4184 \text{ J}$. Y mucho menos entre la potencia térmica de los calefactores a gas en Kcal/h y la potencia eléctrica de una estufa en watt (W). Si el profesorado habla de calorías en relación con los calefactores, y la información publicitaria, indistintamente, indica 2000 calorías o 2000 Kcal/h. ¿Quién alfabetiza al ciudadano sobre significados y equivalencias?

Sin duda el profesorado en ejercicio, sobre todo aquellos con formación conjunta en Física y Química, enseña el tema *cantidad de calor* en distintas

unidades didácticas. Pero comprendemos por qué, justamente, en el tratamiento del efecto Joule aparece también la expresión que representa la cantidad de calor en función de la transformación de energía en la resistencia eléctrica, ya que no contribuye a clarificar la confusión de contenidos que aluden a fenómenos físicos distintos.

Mediante este enfoque alternativo -basado en la transmisión de calor que sostiene que a mayor tamaño de la resistencia, más material *al rojo*, y por lo tanto más radiación de energía, ya que a ésta la cuantifica constante por unidad de longitud- se concluye, en coincidencia con lo que se sostiene desde la intuición y el sentido común, que el elemento resistivo de mayor longitud, calienta más. Conclusión que para el profesorado parece irrefutable, aunque el tratamiento dado no se ajusta al problema auténtico planteado.

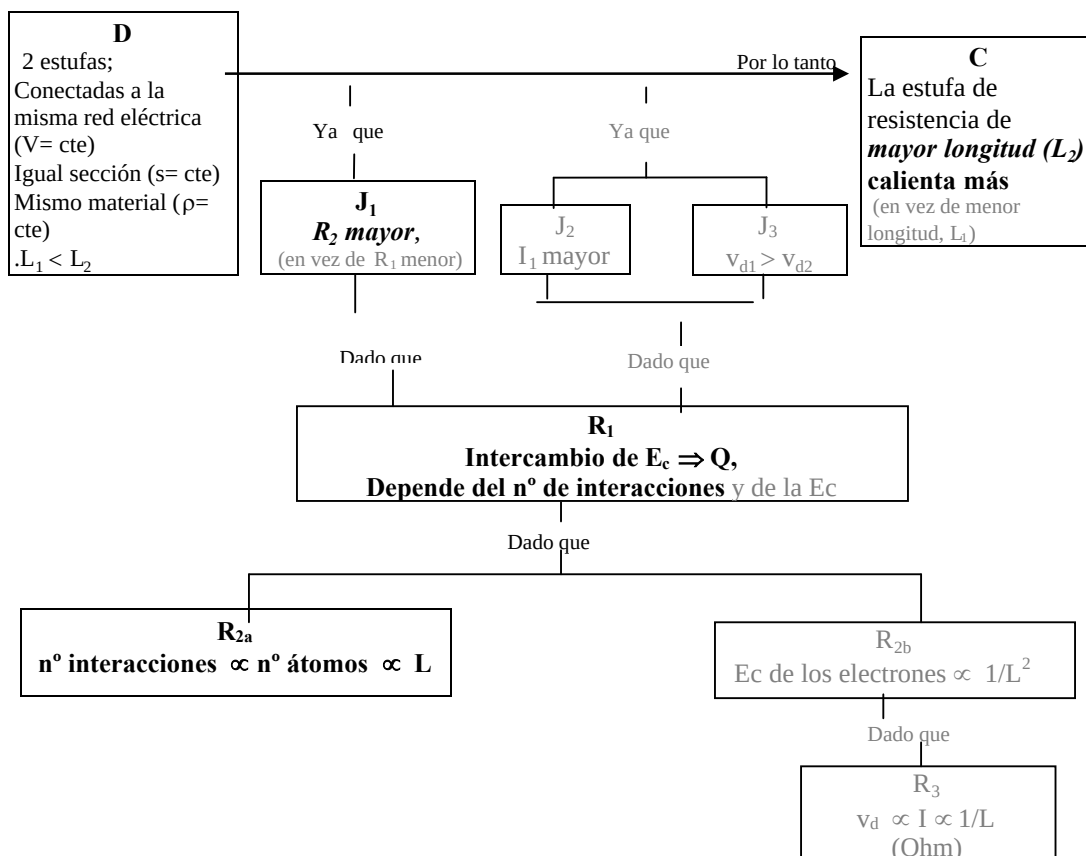
Cuando el profesorado supone que el destinatario de su discurso es especialista en la disciplina, cambia el enfoque hacia el tratamiento de la transformación de energía eléctrica en la resistencia.

Si bien el profesorado parece tener un conocimiento sobre las leyes de la electricidad, llama la atención que no elabore argumentos basados en tales leyes. Más aún, se pone de manifiesto que en vez de aplicarlas para razonar sobre la situación, las manipulan matemáticamente de modo que puedan ser utilizadas como base del discurso alternativo, o para producir un sesgo en la argumentación basada en algunos elementos del modelo analógico cinético molecular que se aplica al tratamiento del fenómeno de la transformación de energía.

Cuando el profesorado en ejercicio usa el modelo analógico como respaldo de la transformación de energía eléctrica, se fija en la cantidad de interacciones olvidándose de la energía cinética puesta en juego en el intercambio energético. En cambio el profesorado en formación inicial sí habla en términos de energía cinética y de velocidad de arrastre de los electrones, pero no identifica que las resistencias son distintas en ambas estufas.

La utilización de la analogía sin identificar donde falla, sumado a que no se identifican datos fundamentales para el análisis del fenómeno, trae como consecuencia un razonamiento sesgado y el uso alternativo de los conceptos. Así por ejemplo, teniendo en cuenta el referencial de investigación basado en modelo analógico (Esquema 2.4, pp.92), concretamente los recuadros J_3 y R_{2b} , aunque v_d

y E_c son elementos cognitivos del discurso, al menos del profesorado en formación inicial, no se distingue que v_d es mayor y, por consiguiente, que E_c es mayor en la resistencia más corta. Considerar que v_d es la misma en ambas resistencias, implica suponer que I también es la misma, de este modo se sesga el razonamiento y se fortalece la ruta argumentativa J_1 , R_1 , R_{2a} , notándose que J_1 del argumento del profesorado sostiene lo contrario que J_1 del referencial. En el Esquema 5.55, construido sobre el esquema referencial, se remarca con negrita el perfil argumentativo del profesorado, en cuanto al patrón argumentativo, conducente a la conclusión alternativa. En tono gris quedan los elementos no utilizados.



Esquema 5.55: Perfil argumentativo del profesorado, basado en modelo analógico

El uso parcial del conocimiento escolar, conduce a una conclusión alternativa. Muy especialmente, se señala la influencia que tiene en la argumentación el no hacer operativa la intensidad (I), elemento cognitivo fundamental para la

resolución del problema, existiendo un vacío de justificaciones y respaldos elaborados desde el conocimiento sustantivo.

Los aspectos relevantes de la construcción del argumento del profesorado de la muestra investigada, son:

- ✓ En ningún caso se capta que el problema supone un cambio de sistema (circuito).
- ✓ No se capta el dato de que la diferencia de potencial (V) es igual en ambos circuitos.
- ✓ Se pone de manifiesto la dificultad para interpretar los datos correspondientes a las dimensiones de la resistencia eléctrica: sección y longitud.
- ✓ Se presupone, implícitamente, que la intensidad de corriente (I) es igual en ambos circuitos.
- ✓ No se razona en términos de potencia eléctrica.
- ✓ No se hace operativa la Ley de Ohm.
- ✓ El análisis se centra en la relación $R - L$.
- ✓ Se utiliza un modelo analógico.
- ✓ Se ponen de manifiesto conocimientos sobre el modelo cinético molecular y sobre el estado metálico, pero no se logra utilizarlos eficazmente para resolver el problema.
- ✓ Se evidencia la dificultad para utilizar el conocimiento sobre el estado metálico, ya que se asocia la estructura de los conductores metálicos con átomos muy juntos, con elevado número de coordinación, lo que impide relacionar la ordenación de los restos atómicos, en el estado metálico, con la libertad de movimiento de los electrones de conducción.
- ✓ Válidamente se considera que la velocidad de arrastre de los electrones en cada circuito es estacionaria ($v_d = \text{cte}$). Pero se sostiene, implícitamente, el presupuesto alternativo de que v_d es igual en ambos circuitos.
- ✓ Considerar que $v_d = \text{cte}$, fortalece la fundamentación del razonamiento en el número de choques o roces, que es mayor cuanto más largo es el conductor.
- ✓ El mayor intercambio de energía cinética se fundamenta en el mayor número de átomos, no en la diferente v_d .

Se pone en evidencia que el profesorado tiene dificultad para convertir sus conocimientos científicos descriptivos y conceptuales -leyes y modelos físicos- aún después de haberlos trabajado con sus alumnos, en acciones o predicciones (Pozo y Gómez Crespo, 1998). En ningún caso las estrategias argumentativas utilizadas por el profesorado resultan eficaces para la correcta resolución del problema planteado.

5.2.2. Operaciones epistémicas utilizadas por el profesorado en la co-construcción argumentativa.

Dado que la totalidad del profesorado, tanto individualmente como en grupo, no utilizan estrategias argumentativas que resuelvan el problema auténtico, hemos considerado relevante elaborar aquella información que, procedente del análisis de su discurso, permita aproximarse a comprender el proceso de co-construcción del argumento.

Las operaciones de co-construcción de conocimientos resultan estructurantes y determinantes del perfil argumentativo del profesorado, y dan mayor información que la que muestra el propio patrón argumentativo. Es especialmente relevante el conocimiento extraído del análisis sobre las operaciones epistémicas del discurso del profesorado.

Aunque se planteó un análisis sucinto, el conocimiento aportado resulta sustantivo acerca de la práctica argumentativa del profesorado que no logra aplicar un modelo analógico ni las leyes de electricidad para resolver el problema auténtico planteado. A continuación se explicitan conclusiones acerca de cómo construyen el conocimiento para la elaboración del argumento.

Sobre la resolución de problema

El profesorado reconoce el problema como propio de la ciencia escolar, presuponiendo cual es la toma de decisión y abordando su resolución más como ejercicio que como problema.

Ante el problema auténtico que plantea un fenómeno físico objeto de enseñanza habitual en la ciencia escolar, el profesorado actúa en función de *convencer* de cualquier modo al destinatario, aún a falta de la adecuada interpretación y resolución del problema.

Sobre los datos

Una de las cuestiones elementales que el profesorado destaca cuando enseña a resolver problemas es el reconocimiento de datos, sin embargo se pone en evidencia la dificultad que tiene el profesorado de la muestra para reconocer los datos del problema auténtico.

Por un lado se centran en el dato explícito que varía (la longitud de la resistencia), como apoyo de enfoques alternativos. Por otro no rescatan los datos implícitos. A este respecto hemos de señalar que el dato implícito y constante (V) está ausente durante todo el discurso, mientras que el implícito y variable (I), cuando se hace referencia a él, se lo considera constante, resultando una transformación de datos que altera la situación problema.

En ocasiones, por conveniencia, se crean datos ficticios de contexto, tal como el tamaño del ambiente.

Sobre el razonamiento

El problema requiere de un razonamiento complejo y global, sin embargo el profesorado lo aborda con predominio de un razonamiento causal y localizado. Cuanto más se intenta profundizar en el tratamiento del fenómeno de la transformación de la energía, más se busca la *causa* de la producción del calentamiento.

Algunas de las relaciones causales establecidas se orientan a resolver la cuestión energética, suponiendo la corriente eléctrica como el vehículo de entrada de la energía. Así por ejemplo, se considera el enchufe como fuente de electrones y los choques entre ellos como la causa de la transformación de la energía eléctrica; o considerando el **materiasl al rojo** como la causa del *desprendimiento de calor*. En este último caso la causalidad se establece localizando el razonamiento por unidad de longitud del conductor, tal que si la cantidad de calor *desprendido* por unidad de longitud es igual en ambas resistencias, consecuentemente a mayor longitud, mayor cantidad de calor total desprendido.

También se razona mediante el sentido común, intuiciones, sensaciones o asignación de un comportamiento vital a entidades físicas, buscando razones que sostengan la conclusión alternativa tomada, en vez de buscar un respaldo científico para llegar a una correcta conclusión.

Sobre las definiciones y formulaciones

Aplican escasamente las definiciones, pero cuando lo hacen aparecen ideas alternativas y enunciados tautológicos, por ejemplo *la resistencia es la resistencia; la corriente eléctrica es la corriente*.

Así como Pozo y Crespo (1998) hicieron notar la dificultad que implica comprender el concepto de velocidad, por implicar una doble relación, de proporcionalidad directa para el desplazamiento e inversamente proporcional para el tiempo, se detecta esta dificultad para comprender la intensidad de corriente y también la potencia eléctrica. El profesorado tiende a centrarse en una sola variable, y generalmente desaparece la relación inversa, es decir el tiempo. En el caso de la potencia eléctrica, se pierde la posibilidad de comprender su concepto y es posible confundir potencia eléctrica con energía eléctrica.

Las leyes de la electricidad se recuerdan parcialmente, se interpretan en algunos casos erróneamente y no se aplican a la resolución del problema.

Sobre las comparaciones y analogías

Cuando el enfoque es alternativo se utiliza la analogía con el fenómeno del sistema de calefacción por combustión de gas. Cuando el enfoque se centra en la transformación de energía eléctrica, se plantea la analogía entre la interacción electromagnética y los choques de los electrones, representando los electrones mediante *pelotitas* y la resistencia eléctrica por medio de *un embotellamiento de tránsito*.

Sobre las explicaciones y modelos

Respecto a las explicaciones, está ausente el conocimiento académico deseable y carecen de una buena estructura. En muchos casos son tautologías o se pretende explicar el fenómeno mencionando con otros artefactos en los que se manifiesta el mismo fenómeno que plantea el problema. En los casos en los que se utiliza el conocimiento académico aceptable, no lo aplican adecuadamente para resolver el problema.

El uso de modelos (modelos de átomo, modelo de conductor, modelo de corriente eléctrica, modelo cinético molecular) se reduce a una exhibición declarativa, que no se logra operar en la toma de decisión del problema real.

5.2.3. Conocimiento sobre la aproximación comunicativa del profesorado

El estudio del discurso del profesorado de la muestra investigada, siguiendo el patrón de Toulmin, requiere de un análisis muy detallado para la interpretación de cada enunciado, por lo que simultáneamente va surgiendo otra información además de aquella que se obtiene de la comparación con el TAP referencial. Así, por ejemplo, la información recogida sobre la aproximación comunicativa se hizo significativa para la investigadora a medida que se avanzaba en el análisis del discurso.

De la experiencia realizada en esta investigación, podemos afirmar que el estudio del discurso aplicando el patrón argumentativo de Toulmin brinda, paralelamente, información sobre la aproximación comunicativa. Esta relación entre la información sobre qué y cómo se utiliza el conocimiento, la aproximación comunicativa y las operaciones epistémicas son partes constituyentes del perfil argumentativo del autor o autores del discurso.

A continuación se hace explícito el conocimiento alcanzado sobre la aproximación comunicativa del profesorado en relación con el contexto de resolución del problema auténtico, con sus pares y con el destinatario de su discurso en el ámbito académico.

En relación con el contexto de resolución del problema auténtico

La comunicación del conocimiento académico está condicionada por la condición de experto o no, que el profesorado otorga al interlocutor de la explicación del problema y por las demandas que el mismo plantea para el mejor entendimiento de las razones esgrimidas sobre la resolución del mismo.

En la *Situación* en la que se supone que el destinatario no es especialista, se utiliza un conocimiento cotidiano y superficial que poco aporta a la explicación deseable del fenómeno planteado. Mientras que en la *Situación* en la que el destinatario se considera especialista, el discurso cambia, aparece la transformación de energía eléctrica en la resistencia, se hace explícito el conocimiento corpuscular de los materiales y surge la interacción de los electrones como explicación del fenómeno, respaldada con modelos analógicos.

En ninguna de las dos situaciones el profesorado resuelve correctamente el problema. Hemos de destacar que el discurso se construye, erróneamente, sobre el respaldo de considerar la intensidad de corriente eléctrica constante, aunque se

trata de dos estufas, cuyas resistencias eléctricas son diferentes, conectadas a la misma red eléctrica.

El profesorado, de la muestra, en el contexto académico de formación permanente, utiliza la argumentación entre pares como una actividad para *convencer* al otro. Desde esta postura cada uno esgrime razones que el otro debería aceptar, la actividad se reduce a encontrar las mejores razones que convenzan, no importa su calidad o la pertinencia científica. De modo que se exhibe una *retórica* donde todo vale, desde ejemplos, apelación a los sentidos, el uso de modelos científicos, analogías, enfoques alternativos, simbolismos, fórmulas con sesgos en su interpretación, representaciones visuales, simplificación de relaciones multi-variables a una sola variable, entre otros. Aún ante la hipótesis de que el destinatario sea un especialista, el ejemplo del calefactor a gas, las calorías y las relaciones de proporcionalidad, constituyen el modo recurrente de potenciar el fin de *convencer* al otro. Pero además, los instrumentos explicativos que brinda la ciencia -las leyes de electricidad- se adaptan para que las fórmulas apoyen el discurso en que se fundamenta la conclusión alternativa.

Entre pares, en el ámbito académico de formación inicial y permanente

El discurso entre pares de profesores que resuelven el problema auténtico, en contexto académico de formación inicial y permanente, se apoya en el uso de estereotipos de comunicación utilizados frecuentemente en la clase de ciencias tales como: presunción de saberes previos del interlocutor, selección del conocimiento a utilizar condicionado por la secuencia de los contenidos curriculares, ostentación de conocimiento académico declarativo pero no funcional, expresión de enunciados con actitud de autoridad, aseveración sobre la comprensión de la explicación de su autoría, recuperación de discursos reales de aula, continuidad discursiva basada en estrategias de pregunta y auto-respuesta, causalidad, referencia a sensaciones, y apoyo del discurso oral con representaciones visuales.

Se pone de manifiesto un discurso para persuadir, discurso *didáctico*, aún en la situación de pares o interlocutores ajenos al aula. Hay dificultad para desprenderse de los hábitos que utilizan con su propio alumnado, aunque quienes interaccionan son profesores especialistas que deben elaborar una

argumentación académica. Posteriormente el destinatario de la argumentación sobre el problema será un adulto con formación académica superior, sea de la misma disciplina o no.

El profesorado sitúa la cognición en lo que supone es el conocimiento del alumnado de 12 a 14 años. En función de ello, utiliza ejemplos tomados de la vida cotidiana y reserva las expresiones de las leyes, a efecto de manipularlas simbólicamente, de modo de adaptar su formulación en apoyo a decisiones tomadas desde el sentido común.

Cuando se resuelve el problema en grupo, el discurso resulta más un sumatorio de discursos individuales que una elaboración en común y consensuada entre pares. Prácticamente no existen acciones que logren dar coherencia al discurso entre pares, conviviendo enfoques, justificaciones y respaldos diferentes acerca de una misma conclusión. Resulta evidente que el profesorado no alcanza coherencia ni consenso en el discurso elaborado en grupo. Por un lado se sostiene el enfoque de la transformación de energía basado en interacciones y en el modelo cinético molecular, mientras que por otro se sostiene el enfoque de transmisión del calor por radiación, basado en sensaciones, ejemplos de la vida cotidiana, referencia a ideas superadas del modelo calórico, además de la manipulación matemática de leyes para que sostengan el enfoque alternativo.

Si bien existe una dinámica que establece nexos entre algunos enunciados de los diferentes enfoques, la mayoría de los enunciados se insertan sin vinculación con lo que sostienen otros pares. Lo que importa es volcar su idea, sin tener en cuenta si se relaciona con la del interlocutor para construir en el mismo sentido o no. Es notable que, en el caso de haber disparidad de ideas, no surja la discusión, ni la crítica fundamentada, ni ningún otro procedimiento relacionado con una estrategia de argumentación en ciencias. Solamente se encuentra disenso con el discurso del par más joven del grupo, con quien se mantiene una actitud semejante a la de una evaluación escolar más que la de una construcción conjunta del conocimiento entre pares.

En lugar de *espíritu crítico* se pone de manifiesto la apropiación y el impacto del discurso del interlocutor. Efectivamente, si bien en un principio el discurso es una suma de individualidades, a medida que la interacción avanza

algunos profesores realimentan sus propias razones tomando de sus interlocutores elementos que fortalecen su propio discurso. Aunque esto podría hacer pensar que hay buena comunicación entre pares, prácticamente lo que existe es una selección de aquello que refuerza sus propias ideas, sin entrar en el terreno de la discusión de lo que las contraría.

En la interacción entre pares existe diferencia en calidad y cantidad de aportaciones argumentativas, en algún caso quien expresa los enunciados con mayor complejidad argumentativa es justamente quien resuelve el problema desde un enfoque alternativo. Sin embargo se convierte en el líder del grupo, controla y ejerce la evaluación del discurso de sus pares y asume como portavoz del grupo, aún cuando lo que expone es su propio discurso individual.

El grupo de profesorado en ejercicio delega su voz en quien no aborda, ni individualmente ni en grupo, el problema desde el punto de vista de la transformación de energía. A este respecto, hemos de señalar que las argumentaciones -complejas, pseudo científicas, con lenguaje supuestamente cercano al interlocutor y expresadas con autoridad- no siempre garantizan un discurso de calidad y deseable desde la perspectiva académica para la resolución del problema auténtico planteado.

En definitiva, la *interacción* entre pares y de estos con un interlocutor, pone en evidencia la nula elaboración de un argumento completo, coherente y que sustente una correcta resolución del problema. El estudio también ha brindado conocimiento acerca de las excusas que utiliza el profesorado para desprenderse de su responsabilidad como formador de argumentación académica, lamentablemente a veces tratando de ocultar que *no le gusta* la propia disciplina que enseña.

Con el destinatario en ámbito de la formación inicial y permanente

La estrategia de comunicación con el interlocutor real consiste en el planteamiento de una secuencia de afirmaciones de conocimiento, seguidas de preguntas cerradas que responde el propio profesorado. Éste interpela directa o implícitamente al interlocutor para que se sitúe mentalmente y pueda responder al interrogante planteado, generalmente seguido de una inmediata auto-respuesta por parte del mismo profesorado. Estas preguntas retóricas están destinadas a estructurar el discurso, a comprometer la atención del interlocutor y a dar

oportunidad al profesorado de exhibir su conocimiento, evitando aspectos que posiblemente desconoce o no sabe explicar. De manera que la comunicación está cargada de recursos *persuasivos* propios de la comunicación publicitaria (Burdach y Pons, 2005), reiteración, interrogatorio, alusión a los conocimientos compartidos en la vida cotidiana, relación con el saber previo, entre otros.

Cualquiera que sea el perfil del destinatario, aún entre pares, el discurso del profesorado está marcado por una *aproximación comunicativa* (Scott y Mortimer, 2002) de *autoridad*. Es prácticamente nula la *interacción dialógica*, tan necesaria para que el profesorado abandone su perspectiva única y pueda resolver los nudos o vacíos argumentativos en la resolución del problema auténtico planteado. En apariencia, el profesorado *habla* (Lemke, 1997) sobre el mismo problema, pero el estudio devela que en la práctica sostienen diferentes interpretaciones y enfoques, evidentemente no *hablan* del mismo problema. La *falta de espíritu crítico y discusión*, caracteriza el procedimiento argumentativo del profesorado. Estas condiciones de no duda, nula oposición y escasa reinterpretación de las interacciones y aproximación comunicativa del profesorado entre sí y con el destinatario, resultan poco propicias para la *construcción social de la cognición* que, según Condor y Antaki (2001), requiere de duda, oposición y reinterpretación.

La estrategia de evitar la propia crítica ante la falta de capacidad del profesorado en ejercicio para elaborar una argumentación de calidad, consiste en encontrar en el destinatario al personaje ideal para depositar sus propias culpas. En el contexto de esta investigación, es común llamar *chivo expiatorio* al depositario de males o problemas, manera de salvarse acusando a otro. En este caso el alumno o adulto que *no sabe*, destinatario de la argumentación, se ajusta bien al papel de *chivo expiatorio* de los problemas del profesorado (según el diccionario, expiar: *exculpase, purificarse de las culpas por medio de algún sacrificio*).

La creencia de la incompetencia de destinatarios adultos no especialistas y jóvenes de Educación Secundaria, respecto a la comprensión del discurso académico, tratados prácticamente de *intelectualmente inferiores* (Lemke, 2006) y de falta de *cultura* de la ciencia escolar, se convierte en la excusa esgrimida para justificar el bajo nivel académico del argumento del profesorado. Es pertinente

recordar que justamente el profesorado de la muestra ocupa en la sociedad el papel oficial de responsable de la *enculturación* y evolución intelectual acerca de la formación y alfabetización científica del ciudadano.

La descalificación intelectual del interlocutor no especialista, sea adulto o joven, acerca de la comprensión del lenguaje académico de las ciencias, no logra ocultar las propias actitudes del profesorado hacia quien aprende, hacia los procedimientos de comunicación de la enseñanza de las ciencias y hacia la disciplina misma, aceptando parte del profesorado de Física que no le gusta la Física y/o su enseñanza.

El profesorado en ejercicio de la muestra investigada, en un contexto de formación permanente, incurre en la *discriminación* del alumnado respecto al nivel de saberes previos, tomando como referencia para tal discriminación al profesorado que le enseñó en cursos anteriores. Sostienen que si fue alumno de otro profesorado o escuela, el alumno tiene *bajo nivel*, en cambio si fue su propio alumno, *sabe*. Resulta una tácita crítica a la articulación entre instituciones educativas, a la convivencia de culturas docentes de distinto nivel educativo y de profesorado de disciplinas del Área de Ciencias Naturales.

De esta manera, el profesorado en ejercicio encuentra en pares que ejercen docencia en otras aulas o escuelas, un nuevo chivo expiatorio para justificar el bajo nivel de la argumentación de su propia autoría. Encuentran la excusa en que el alumnado propio *sabe*, pero frente al resto que *no sabe* la argumentación no puede tener mejor calidad. Consecuencia de lo anterior, terminan discriminando a los alumnos que saben, negándoles el *derecho a aprender* un argumento de calidad académica. Todo ello, por falta de autocrítica y honestidad a la hora de aplicar el conocimiento académico para resolver un problema real.

El profesorado no da respuesta a un problema real, fácil de resolver con la información adquirida durante su formación inicial y con la información tecnológica aportada al ciudadano y consumidor. Sorprende que el profesorado manifieste una actitud incómoda ante los requerimientos de quien no entiende su discurso o necesita de más elementos que apoyen la explicación. Una situación complicada en la enseñanza de un fenómeno físico tan vinculada con problemas reales y de interés global, como es la cuestión energética. Más aún en el marco de la

didáctica de las ciencias que clama por una alfabetización científica, tecnológica y por un espíritu crítico del futuro ciudadano, por la formación del consumidor, y en definitiva por que el profesorado se capacite no para dictar la disciplina que conoce, sino para argumentar, desde la disciplina que sabe, los problemas que son relevantes para sus alumnos y sus alumnas como futura ciudadanía de una sociedad democrática.

5.2.4. Valor del registro del discurso del profesorado

A diferencia de los discursos del currículo oficial y de los libros de texto que se disponen públicamente en formato escrito, el discurso del profesorado constituye una información que se devela solamente si el profesor o profesora *habla* y permite el registro de su discurso. Situación bastante difícil de lograr, más cuando el profesorado conoce que su propio discurso será objeto de estudio.

El registro de dicha información requiere de una situación propicia, instrumentos apropiados, metodología y organización, en cuanto a recursos, actividades, administración de tiempo, espacio, actitudes y ambiente de trabajo. Todos ellos, aspectos concurrentes y determinantes para el registro del discurso del profesorado, muy especialmente si éste es profesorado en ejercicio.

En contextos de formación permanente se nota la tendencia creciente del profesorado a evitar situaciones de brindar información sobre el estado de su conocimiento en ciencias, por ejemplo que puedan conocerse sus ideas previas. Si esto ocurre en situaciones de resolver problemas de lápiz y papel, qué no ocurrirá cuando tengan que hablar en una situación donde se registre, audiovisualmente, su discurso, sobre todo si se trata de estudiar su perfil argumentativo. De no darse estos registros, no habría oportunidad de investigación.

Disponer del material inédito (Anexo III, pp.543-563) registrado en este estudio, resulta de gran valor para la investigación y, en nuestra opinión, para el campo de conocimiento de la didáctica de ciencias, ya que es posible que desde dicha área de conocimiento se pueda estudiar este material desde distintas perspectivas.

5.2.5. Valor didáctico del problema

Es importante destacar el valor didáctico del problema auténtico, dado que con él, la muestra investigada tomó conciencia sobre la dificultad que conlleva el

fenómeno real planteado y el valor del discurso en el meta-conocimiento de las lagunas conceptuales y la limitación de la capacidad explicativa de los modelos analógicos.

El problema planteado, basado en el fenómeno de la transformación de energía eléctrica en una resistencia óhmica, resulta fundamental para poner de manifiesto los factores comunes en la formación del profesorado que adopta tomar decisiones alternativas sobre cuestiones básicas de la cultura científica y tecnológica del ciudadano y consumidor, en un mundo global que proclama una enseñanza de las ciencias que ha de promover conciencias y actuaciones que contribuyan al incremento de la eficacia energética.

5.2.6. Implicaciones

Del estudio realizado se desprenden implicaciones que, especialmente, se relacionan con la formación del profesorado inicial y en ejercicio. En tiempo de reforma educativa, donde se ponen en marcha ámbitos de formación permanente, debería tenerse en cuenta la importancia de conocer la argumentación del profesorado en la resolución de distintos problemas reales. De este modo se podría mejorar el proceso de transposición didáctica, para que el profesorado fuera capaz de transferir sus conocimientos académicos a la explicación de los problemas considerados relevantes por sus alumnos y alumnas.

Resulta fundamental tener en cuenta la declaración global de la necesidad imperiosa de una formación de la ciudadanía y del consumidor, desde la perspectiva CTSA, en relación con la crisis energética y del medio ambiente. Esta formación debería reflejarse, en primer lugar, en la formación inicial y permanente del profesorado.

Es necesario un cambio en el perfil argumentativo del profesorado: en los conocimientos que usa y cómo los utiliza, y en las operaciones epistémicas y la aproximación comunicativa que tiene con sus pares, con quienes aprende y se comunica mediante la Física.

5.3. Conclusión de la Hipótesis de Trabajo 3

Analizados los resultados obtenidos con la muestra investigada, se ha visto que el profesorado en formación inicial y en ejercicio, actuando individualmente y en pequeño grupo, no utiliza las estrategias de argumentación que permiten la

resolución correcta del problema auténtico planteado. Las estrategias de argumentación contienen argumentos elaborados desde un modelo analógico, que se utiliza con cierto sesgo, y que se relaciona principalmente con la no diferenciación de la intensidad de corriente en circuitos diferentes, y con el intercambio de energía cinética en la situación planteada. El conocimiento que ponen en activo, mezcla cuestiones de la vida cotidiana, modelos superados en el campo de la electricidad, y el lenguaje utilizado en situaciones cotidianas.

El profesorado no considera para la resolución de circuitos eléctricos la información tecnológica básica -disponible en los medios de comunicación por el ciudadano y consumidor- como es la diferencia de potencial y la potencia eléctrica que los fabricantes suministran en los artefactos eléctricos. También se ha puesto de manifiesto que a pesar que en algunos casos aparecen referencias a las leyes de la electricidad, estas no se utilizan como instrumento de argumentación.

Finalmente, ninguna estrategia de argumentación utilizada por el profesorado llega a construir una conclusión correcta para el problema auténtico planteado. A la vista de lo expuesto, se verifica la HT3 tal como fue formulada:

La práctica totalidad del profesorado de la muestra investigada no utiliza estrategias de argumentación para la resolución del problema que se les plantea. En aquellos casos que sí lo hacen, las estrategias de argumentación de dicho profesorado contienen argumentos que se elaboran utilizando un conocimiento científico básico alejado del conocimiento científico académico deseable.

CAPITULO 6

RELACIÓN ENTRE PERFILES ARGUMENTATIVOS DEL PROFESORADO, DE LOS LIBROS DE TEXTO Y DEL CURRÍCULO OFICIAL

En el presente Capítulo se realiza el proceso de investigación de la Hipótesis de Trabajo 4, la cual se refiere a la relación entre perfiles argumentativos del profesorado, de los libros de texto que recomienda utilizar al alumnado y del currículo oficial, de las respectivas muestras investigadas. Oportunamente expresamos la HT4 en los siguientes términos:

Las estrategias de argumentación del profesorado coinciden, en su gran mayoría, con las estrategias de argumentación de los libros de texto que proponen para consulta del alumnado. Prácticamente no siguen las indicaciones del currículo oficial en relación con la argumentación en la resolución del problema real.

El proceso de investigación de la HT4 se organiza de la siguiente manera:

6.1. Se presenta en este apartado una sintética caracterización de los perfiles argumentativos investigados -currículo oficial, libros de texto y profesorado- a partir de los resultados obtenidos durante el estudio de las tres primeras Hipótesis de Trabajo.

6.2. Se realiza el análisis y discusión de resultados sobre la existencia o no de la relación entre las estrategias argumentativas del profesorado y de los libros de texto.

6.3. Se realiza el análisis y discusión de resultados sobre la existencia o no de la relación entre las estrategias argumentativas del profesorado y de los libros de

texto, con las indicaciones del currículo oficial respecto a la argumentación en la resolución de problema real.

6.4. Se elaboran las conclusiones respecto a la HT4.

6.1. Información sobre perfiles argumentativos investigados

A continuación se presenta una síntesis de la información surgida del estudio de las HT1, HT2 y HT3, puesta de manifiesto en los Capítulos 3, 4 y 5.

6.1.1. Perfil argumentativo del currículo oficial

El estudio de la HT1 sobre el perfil argumentativo del currículo oficial realizado en el Capítulo 3, ha puesto en evidencia que el egresado de nivel Polimodal debe *saber argumentar* sobre cuestiones de ciencias. Se indica en el currículo la necesidad de enseñar estrategias de razonamiento, argumentación y comunicación en ciencias, con el fin de formar una ciudadanía capaz de interpretar la realidad y participar activa, autónoma y críticamente en contextos sociales, en los que, con frecuencia, surgen problemáticas que vinculan Ciencia, Tecnología y Ambiente, cuya resolución implica la participación ciudadana en la *toma de decisiones basada en argumentos*, propósito explícito señalado por los marcos generales de los documentos oficiales.

Desde el ámbito nacional, los documentos señalan la importancia de abordar la problemática energética, cuestión de plena actualidad si se observa la tendencia creciente hacia la profundización de vivencias relacionadas con la denominada crisis energética, no solo en el contexto de la investigación, sino como problemática que afecta al mundo globalizado. Dichos documentos, indican la importancia de que el ciudadano sea capaz de resolver, mediante interacción social y cooperativa, problemas reales que relacionan el mundo natural con el mundo de la tecnología actual. Proponen la resolución de situaciones problemáticas sobre el *intercambio energético en sistemas* como *organizador conceptual* en la *toma de decisiones basada en argumentos*. Se pone de manifiesto la pertinencia de saber argumentar, para justificar la decisión tomada sobre el problema auténtico planteado, tomando como base el punto de vista energético y utilizando el conocimiento sobre la potencia

eléctrica, magnitud básica de la comunicación que le llega al ciudadano en relación con la problemática real de la crisis energética.

El Diseño Curricular de la Provincia de Buenos Aires, elaborado en el marco de la reforma de 1995, rige y regirá hasta que complete estudios el alumnado actual, en el año 2011. Este currículo provincial propone que las estrategias para la enseñanza de las ciencias se orienten hacia la resolución cooperativa de *situaciones problemáticas significativas* vinculadas con enfoque CTS, activando procesos de comunicación y discusión. Tendencia que se afianza en la reformulación actual del diseño curricular de la nueva Educación Secundaria, puesta en marcha en 2007, tomando las situaciones problemáticas como estrategia superadora de la tensión entre la rigurosidad de problemas científicos y la superficialidad de problemas cotidianos. También como promotoras de pensamiento crítico-reflexivo, tan necesario en la formación de una ciudadanía comprometida con la toma de decisiones sobre problemas complejos que vinculan Ciencia, Tecnología, Sociedad y Ambiente (CTSA).

Si se comparan los procedimientos indicados por el currículo oficial con las estrategias de razonamiento y argumentación del referencial de la investigación (Tabla 2.6, pp.84), se pone de manifiesto la convivencia de visiones epistemológicas diferentes:

Los diseñadores del marco teórico que fundamenta la enseñanza de las ciencias, desde una perspectiva constructivista-social, valoran el aprendizaje de la argumentación situada en contextos propicios para la comunicación, confrontación y toma de decisión sobre problemas reales.

Los diseñadores de los contenidos de la disciplina, desde una perspectiva positivista, proponen el aprendizaje de procedimientos propios del “método científico”, prestando escasa atención a la interacción comunicativa.

6.1.2. Perfil argumentativo de los libros de texto

El estudio de la HT2 sobre el perfil argumentativo de los libros de texto que el profesorado recomienda al alumnado, realizado en Capítulo 4, ha puesto de manifiesto el tratamiento escolar del fenómeno de la transformación de energía en la resistencia eléctrica, por ejemplo de la estufa eléctrica.

El tratamiento del fenómeno requiere operar con conceptos claves (diferencia de potencial, corriente eléctrica y resistencia eléctrica, entre otros) y con las leyes de la electricidad. Casi la totalidad de los textos de la muestra, utilizan analogías como respaldo.

Con frecuencia se encuentran enunciados que evidencian la presencia de concepciones alternativas en el discurso de los textos escolares. Tales concepciones, en su mayoría, se pueden identificar con las que se señalan en la literatura sobre investigación educativa en este campo (Pontes y De Pro, 2001; Pozo y Crespo, 1998).

Los textos de ESB (12 a 14 años) explican la causa del fenómeno propiamente dicho mediante una estrategia de argumentación basada en analogías tomadas de la vida cotidiana: utilizan la resistencia eléctrica como soporte de razonamiento local y secuencial, dándole el significado de obstáculo que frena los electrones y causa la *pérdida* o *consumo* de energía. Se fomenta, de este modo, la idea de que la cantidad de energía intercambiada depende de la cantidad de interacciones entre las partículas, que se supone mayor cuanto más larga sea la resistencia. Se ignora su dependencia con la energía cinética de los electrones puesta en juego en tales interacciones.

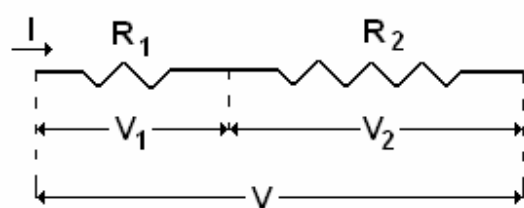
Los textos de ESP (15 a 17 años), hacen uso de un tratamiento basado en la formulación de las leyes de la electricidad. Hemos de señalar que los de edición más antigua conceden una importancia relevante al lenguaje simbólico, mientras que los actuales incorporan el lenguaje verbal, narrativo, que con frecuencia se apoya en el uso de modelos analógicos en convivencia con las leyes.

Independiente de la edición o del uso de leyes y modelos analógicos, se mantiene la tendencia a razonar localmente sobre R. Esto da lugar a una situación en la que se relaciona directamente la longitud de la resistencia eléctrica, su valor, y

el intercambio energético que se produce en la misma. La cuantificación de este intercambio energético pone en evidencia una visión epistemológica diferente:

Los libros de texto de antes de la reforma se expresan en términos de cantidad de calor (Q), discurso en el que subyace el modelo calórico. Los actuales lo hacen en términos de potencia eléctrica (P).

Siendo las formulaciones más utilizadas: $Q = I^2 \cdot R \cdot t \cdot 0,24$ (cal/J) y $P = I^2 \cdot R$ (W). Cuando la persona que resuelve el problema auténtico planteado, lo hace mediante



$$P = I^2 R t$$

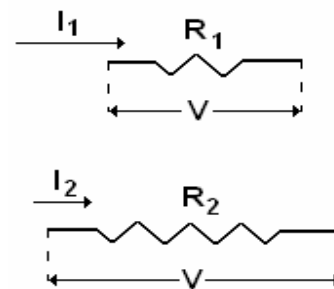
Figura 1

el uso exclusivo de estas fórmulas como fundamento de la solución, no es de extrañar que se produzca la conclusión alternativa: a mayor resistencia, mayor potencia disipada en la misma. Opinamos que esto es debido a que se considera constante la intensidad de la corriente eléctrica, como si se tratara de un circuito

en el que ambas resistencias estuviesen conectadas en serie (Figura 1). En la figura aparecen dos resistencias, R1 y R2, montadas en serie, y en ella se observa que pasa la misma intensidad de corriente por ambas resistencias. Por otra parte, la diferencia de potencial total, V, es distinta a la diferencia de potencial en cada una de las resistencias (V1, V2) -debido a que se produce lo que suele denominarse una caída de tensión- e igual a su suma. En este caso, sí es mayor la potencia (P) disipada en la resistencia mayor. La dificultad está precisamente en darse cuenta de dicha caída de potencial y en percibir que la intensidad de corriente es la misma en ambas resistencias.

En el caso del problema auténtico se trata de dos estufas, por lo tanto de dos circuitos distintos, en los que la diferencia de potencial es la misma (la de la red) y la intensidad de corriente distinta en cada una de las resistencias de las respectivas estufas. En este caso la potencia disipada va a ser mayor en la estufa de menor resistencia (Figura 2).

Si de razonar sobre una sola variable se trata, la dificultad se reduciría si los textos trabajaran con expresiones basadas en la constante de circuito V . Pero se ha visto que la presencia de $P=V.I$ o $P=V^2/R$, no implica su aplicación en la resolución de situaciones problemáticas, la primera porque se transforma en $P=I^2.R$ y la segunda porque prácticamente no se utiliza.



$$P = I^2 R t$$

Figura 2

Generalmente no se plantean situaciones similares al problema auténtico. Sin embargo, se encuentran situaciones que invocan el *uso racional de la energía*, pero que revisten características de ejercicio tipo, numérico, de respuesta cerrada y con poco lugar para la reflexión que requiere la perspectiva invocada.

Ni el tratamiento del fenómeno, ni las actividades planteadas brindan oportunidad de evaluar distintos puntos de vista, y mucho menos requerimientos de toma de decisión en la resolución de sistemas distintos, aplicando un enfoque multivariable y global.

El análisis de los episodios del discurso de los libros de texto, permitió seguir el proceso de construcción de los argumentos. La comparación con los esquemas argumentativos referenciales de investigación (Esquemas 2.3, pp.91 y Esquema 2.4, pp.92) puso en evidencia qué elementos de argumentación aportan al discurso de aula. Se ha puesto de manifiesto (Esquemas 4.70 y 4.71) el predominio de perspectivas que no permiten establecer el argumento completo con conclusión correcta, ni la interpretación del fenómeno real.

6.1.3. Perfil argumentativo del profesorado

El estudio de la HT3 sobre el perfil argumentativo del profesorado realizado en Capítulo 5, ha puesto de manifiesto aspectos relevantes sobre qué conocimiento utiliza y cómo lo utiliza, operaciones epistémicas y formas de aproximación comunicativa del profesorado en situación de resolver el problema auténtico planteado.

El profesorado activa en su discurso sólo algunos de los conceptos claves de la resolución del problema entre los que se encuentran, la resistencia, la corriente eléctrica y la intensidad de corriente eléctrica. Se pone de manifiesto la presencia de las mismas ideas alternativas que la investigación educativa señala para el alumnado de 12 a 17 años, por ejemplo: la resistencia como oposición y la relación corriente eléctrica-energía.

El profesorado no logra elaborar un discurso con enfoque energético basado en leyes de electricidad, esto representa que está ausente la aplicación del conocimiento sobre potencia eléctrica y la ley de Ohm. Además sólo se recuerda parcialmente la relación de la resistencia eléctrica con sus dimensiones. Lo más cercano al enfoque energético es la referencia a la cantidad de calor en la resistencia eléctrica, evidencia de una posible permanencia del modelo calórico.

Basan la toma de decisión, fundamentalmente, en la variación de la longitud de la resistencia, dato explícito en el problema. Especialmente el profesorado en ejercicio, valora la longitud como indicativa del tamaño de un elemento caliente que transfiere calor por radiación, idea concordante con la referencia a la cantidad de calor, enfoque que desvía el tratamiento del fenómeno de transformación de energía eléctrica hacia el fenómeno de transferencia de calor.

Exhiben conocimiento académico sobre las leyes de electricidad relacionadas con el fenómeno, aunque no así capacidad de aplicarlas satisfactoriamente. De igual manera, manifiestan enunciados sobre el principio de conservación de la energía, pero lo contradicen al sostener la idea de *pérdida* o *consumo* de energía. También enuncian otros términos tales como fuerza electromotriz y trabajo eléctrico, para poner de manifiesto su autoridad académica ante un destinatario que suponen no estar al alcance de comprender argumentos que operen con aquellos conocimientos. Excusa reiterada, que deposita en el destinatario el problema del profesorado para elaborar argumentaciones académicamente aceptables.

La utilización del modelo cinético molecular y del modelo de conductor eléctrico, evidencia la complejidad que tienen para elaborar justificaciones que impliquen trabajar simultáneamente con más de una variable. La no percepción de que el cambio de R implica cambio de sistema (circuito), acompañada de la

suposición de la misma velocidad estacionaria de los electrones en movimiento, trae consecuencia de que el intercambio energético en cada interacción se considera constante. Considerar que $v_d = \text{cte}$, fortalece el razonamiento basado en el número de *choques*, que suponen que es mayor cuanto más largo sea el conductor y que el mayor intercambio de energía cinética se fundamenta en el mayor número de átomos.

La reiteración de excusas del profesorado por la falta de calidad de sus argumentaciones basadas en el sentido común, en el conocimiento cotidiano o en el científico básico con tendencia a lo analógico, evidencia un sentido crítico puesto en el destinatario y no en su propia capacidad para el desempeño en una tarea propia del ejercicio del profesorado en la resolución del problema auténtico. En ningún caso logran resolverlo correctamente, y mucho menos captar que en su discurso predomina una perspectiva mediante la que es imposible diferenciar sistemas independientes. Esto conduce a un razonamiento que no permite ni la interpretación del fenómeno real, ni establecer el argumento sobre el problema auténtico planteado, según se muestra en los esquemas argumentativos de los episodios del proceso de construcción del argumento, como también al compararlos con los referenciales de investigación (Esquemas 5.9, 5.10, 5.53 y 5.54).

En vez de excusas hubiera sido importante encontrar una *reflexión* (Vázquez Bernal y otros, 2007) sobre el problema profesional que representa para el profesorado tener que argumentar para tomar decisiones a la hora de resolver el problema real.

Del análisis sobre las operaciones epistémicas que utiliza el profesorado en su argumentación, surge el conocimiento acerca de la dificultad que representa la construcción y transformación de datos del problema, la tendencia a utilizar relaciones causales y formular explicaciones con razonamientos tautológicos, como así también saltos lógicos que impiden ahondar sobre el proceso del fenómeno de transformación de energía eléctrica en la resistencia.

La perspectiva única que plantea el profesorado se sostiene con un discurso autoritario, retórico, no interactivo. También se pone de manifiesto el frecuente uso

de recursos estereotipo de la *dramaturgia* (Reigosa Castro, 2002) del profesorado, dando lugar a una situación que se asemeja más a la explicación desde una determinada perspectiva, que a la de argumentar evaluando entre distintas alternativas posibles ante el problema planteado.

6.2. Relación entre perfiles argumentativos de profesorado y libros de textos

El estudio de las Hipótesis de Trabajo 2 y 3, permitió extraer un conocimiento sobre el perfil argumentativo de los libros de texto y del profesorado, de las muestras objeto de investigación. En el presente apartado se analiza, la existencia o no de la relación entre las estrategias argumentativas que utiliza el profesorado y los libros de texto.

Dicho conocimiento proviene de un estudio interpretativo. Resulta fundamental mantener la línea cualitativa del estudio, puesto que en cuestiones de discurso y argumentación suele ocurrir que un solo enunciado, y aún la ausencia de alguno, tiene más peso que otros varias veces repetidos.

La investigación educativa, cada vez más aporta conocimiento sobre el discurso y patrones argumentativos en ciencias. A medida que crece esta información, surge la demanda de contar con instrumentos que permitan el análisis de la relación entre resultados o la evaluación de calidad de los elementos que lo componen. En el presente apartado se aprovecha el impacto visual de la estructura de los TAP y la organización en tablas de los enunciados que relacionan los datos con la conclusión, a lo largo de los episodios de construcción de los argumentos.

6.2.1. Relación de enunciados

Siguiendo la secuencia de Esquemas de *episodios* del proceso argumentativo, indicados en Cuadros 6.1 y y 6.2, se han vaciado los enunciados de las justificaciones y los respaldos. Los resultados permiten establecer la existencia o no de relaciones entre los enunciados y los enfoques de argumentación que utiliza el profesorado durante la argumentación del problema auténtico y los de los libros de texto en el tratamiento del fenómeno.

En Cuadro 6.1 se identifica la secuencia en que se *vacían* las justificaciones y respaldos de los Esquemas 5.1 a 5.52, de los *episodios* del proceso de construcción de la argumentación del profesorado en situación de resolver el problema auténtico. Por ejemplo, para el profesorado en Formación Inicial se tomará la información que se encuentre en los Esquemas 5.1 al 5.8, en el Capítulo 5, específico del estudio del discurso del profesorado. De cada Esquema, realizará un vaciado de los enunciados que revisten como justificación o respaldo.

Secuencia de Esquemas argumentativos de episodios del discurso del profesorado, motivo de vaciado							
Profesorado en F. inicial	Profesorado en ejercicio						
	Instancia individual				Instancia grupal		
	Z	O	C	R	S ₁	S ₂	S ₃
5.1- 5.8	5.11- 5.15	5.18- 5.21	5.25	5.28-5.29	5.33-5.35	5.38-5.44	5.47-5.52

Cuadro 6.1: Identificación de esquemas de episodios del discurso del profesorado, motivo de vaciado de justificaciones y respaldos.

Ahora, de igual manera que se presentó la información del profesorado, para los libros de texto se identifica, en el Cuadro 6.2, la secuencia de Esquemas 4.21 al 4.27 que corresponden a *episodios* de construcción de argumento sobre el fenómeno de transformación de energía en una resistencia. Sobre estos esquemas, se aplica también la estrategia de vaciado de enunciados. Por ejemplo, para el texto EP, se vacía los enunciados que ocupan el lugar de justificación o respaldo en la secuencia de Esquemas 4.46 al 4.52, que se encuentran en el Capítulo 4, específico del estudio del discurso de los libros de textos.

Secuencia de Esquemas argumentativos de episodios discurso de textos, motivo de vaciado											
Libros de texto de 12 a 14 años					Libros de textos de 15 a 17 años						
					De edición anterior reforma				De edición durante reforma		
E8	E9	S8	S9	P9	AS	LS	ZS	KS	EP	SP	PP
4.1-4.3	4.5-4.6	4.9	4.11-4.12	4.15- 4.17	4.21- 4.27	4.31- 4.33	4.35- 4.37	4.40- 4.42	4.46- 4.52	4.55- 4.61	4.64-4.67

Cuadro 6.2: Identificación de esquemas de episodios del discurso de libros de texto, motivo de vaciado de justificaciones y respaldo.

A modo de ilustrar sobre el resultado del procedimiento, se muestra en Tabla 6.1, información parcial, correspondiente al vaciado de enunciados de los Esquemas 5.1 al 5.8, de los episodios argumentativos del profesorado en Formación Inicial. Se observa la cantidad de enunciados que surgen solo de estos ocho esquemas, información que da idea del resultado que se obtiene al aplicar el procedimiento al total de los más de cien esquemas de episodios con que se cuenta, resultado del análisis realizado en Capítulos 4 y 5. Aunque, por supuesto, los enunciados cubren cierta diversidad, luego comienzan a repetirse, en contenido y a veces utilizados como justificación y otras como respaldo, lo importante que son enunciados que se expresan a fin de relacionar datos y conclusión. En la Tabla 6.1, se aplica un sombreado a justificaciones y respaldos, de manera de destacar el *enfoque argumentativo* que opera, en este caso, el profesorado en Formación Inicial (FI) utiliza enfoque argumentativo basado en un modelo analógico. Más adelante en Cuadro 6.3, se mostrará el resultado de enfoques argumentativos, sobre la totalidad de los discursos estudiados.

Enunciados	Secuencia de Esquemas de episodios, vaciados									
	Profesorado Formación Inicial								-----	
	5.1	5.2	5.3	5.4	5.5	5.6	5.7	5.8	--	--
R (tamaño) α E térmica	J									
R (magnitud), mayor		J					J			
Corriente eléctrica/I (no diferencia)		J	R				J			
Transformación energía		J								
Interacción/choques	R	R	J		J		R	R		
Modelo conductor, (carga localizada)		R	R							
n°átomos/obstáculos			R		R	R				
Vibración partículas			R					R		
R α L				J						
L, mayor			R		R	R				
Analogía, tránsito, embotellamiento					R					
Transformación. Pérdida de Energía cinética						J	R			
Pérdida velocidad								J		
Modelo cinético molecular								R		

Tabla 6.1: Vista parcial del resultado de vaciado de justificaciones y respaldos. Identificación de enfoque argumentativo utilizado en un conjunto de episodios.

En la Tabla 6.1 se observa, por ejemplo, que del vaciado de enunciados del Esquema 5.1, se identificó la relación *R (tamaño) α E térmica*, que se opera como justificación, y la relación *interacción/choques*, que se utiliza como respaldo. Este último enunciado se vuelve a encontrar en otros episodios, a veces como justificación, otras como respaldo. De otros esquemas, por ejemplo del Esquema 5.3, se vacían más enunciados. El procedimiento, muestra que el conjunto de enunciados obtenidos se concentra alrededor de un enfoque identificable, en el caso identificado con sombreado en Tabla 6.1, surge que se utiliza el modelo analógico.

Los enunciados *hablan* acerca de la concepción del profesorado respecto a los conceptos clave del problema sobre el que tienen que *tomar decisión*, entre ellos, corriente eléctrica y resistencia eléctrica. La estrategia de vaciado permite identificar qué libros utilizan esas mismas concepciones en el tratamiento del fenómeno, complementado con la consulta de los apartados del Capítulo 4 donde se analizó el tratamiento dado por los textos a los conceptos claves. La elaboración argumentativa no es independiente de las concepciones utilizadas, tanto en la validez científica como en la lógica.

En Tabla 6.2, se rescata información que permite poner de manifiesto la existencia de relación entre concepciones del profesorado y de los libros de texto que recomienda consultar. En dicha Tabla, se observa el listado de algunas concepciones utilizadas por el profesorado en los episodios argumentativos, indicando qué libros de texto las utilizan en el abordaje de conceptos clave (x, minúscula). También cuáles de éstos la utilizan en el tratamiento del fenómeno de transformación de energía eléctrica en la resistencia (**X**, mayúscula y negrita). Se identifica los esquemas argumentativos de episodios donde profesorado y libros de texto operan dichas concepciones. Queda en evidencia la presencia de las mismas concepciones alternativas en los argumentos contruidos por ambas fuentes de referencia del conocimiento escolar.

Concepción utilizada por el profesorado en los episodios	Uso de las concepciones en libros de texto, asociadas con conceptos clave (x minúscula) y en el tratamiento del fenómeno (X mayúscula, negrita)												Esquemas argumentativos de episodios con relación de concepciones	
	ESB (12-14)					Ex Secundario (15-17)				ESP (15-17)			Profesorado	Textos
	E8	S8	E9	S9	P9	LS	ZS	AS	KS	SP	EP	PP		
<i>Corriente eléctrica, Asoc.movimiento-energía</i>	x	x X	x	x	x	x X	x	x	x	x X	x	x X	5.35; 5.44;5.47;5.50	4.9; 4.35;4.46, 4.57; 4.59;4.60; 4.65
<i>Modelo fluido corriente eléctrica</i>	x X	x			x	x	x	x X	x	x X	x	x	5.38; 5.48;5.49;5.51;5.52	4.1;4.13; 4.60
<i>Tomacorriente =fuente electrones; confusión de V con fuente de corriente eléctrica</i>	x	x	x	x	x	x		x		X	x	x	5.47	4.58
<i>Resistencia como obstáculo</i>	x X	x	x	x	x	x	x X	x		x	x X	x	5.3; 5.5; 5.6; 5.49; 5.50;5.52	4.1; 4.2; 4.36; 4.46
<i>Resistencia, interacción como choque</i>			x X	x X	x X		x	x X		x X	x X	x X	5.2; 5.3; 5.5; 5.7; 5.8; 5.12; 5.13; 5.14; 5.34; 5.38; 5.44; 5.48; 5.51; 5.52	4.5; 4.11; 4.12; 4.15; 4.16;4.17;4.2 2;4.23; 4.46;4.55;4.57;4.64
<i>Resistencia asociada a frenado, pérdida velocidad, pérdida Ec</i>	x X		x X	x X	x X	x	x X	x			x	x X	5.5; 5.6; 5.7; 5.44	4.3; 4.15; 4.35; 4.1; 4.2; 4.5; 4.11;4.22; 4.23; 4.64

Tabla 6.2: Relación entre concepciones de profesorado y libros de texto, en la argumentación sobre el problema auténtico

Por ejemplo, si se toma el enunciado sobre la concepción que asocia *corriente eléctrica-movimiento-energía* y se lo confronta con el abordaje del concepto de corriente eléctrica que desarrolla cada uno de los libros de texto (apartado 4.1.2.2, pp.178-193), se pone de manifiesto que la concepción es sostenida por la totalidad de los textos, de la muestra, resultado que se indica con (x) en la Tabla 6.2.

Luego, la confrontación con los Esquemas argumentativos, indicados en Cuadro 6.2 que corresponde a episodios de libros de texto, resulta que esta concepción es utilizada en los Esquemas 4.9; 4.35; 4.46; 4.57; 5.59; 5.60 y 5.65, que según dicho cuadro, corresponden a secuencias de episodios de los textos S8, LS, SP y PP, situación que se identifica con **X**, en la Tabla 6.2.

Finalmente esta misma concepción está presente en los Esquemas 5.35, 5.44, 5.47 y 5.50, que corresponden, según el Cuadro 6.1, a episodios de las situaciones S₁, S₂ y S₃ del grupo de profesorado en ejercicio. De igual manera se interpreta la

información del análisis del resto de los enunciados. Análisis que es posible, debido a la aplicación de la estrategia de vaciado que se ejemplificó en Tabla 6.1

Se interpreta entonces que existe relación entre los enunciados utilizados por el profesorado y los libros de texto, que a su vez coinciden con aquellas concepciones que la investigación educativa ha indicado que tienen los estudiantes. Las reformas educativas deberían tener en cuenta que los profesores, en sus argumentaciones, utilizan las mismas concepciones de las que es responsable de cambiar.

Aplicando el mismo procedimiento a enunciados que expresan relaciones o leyes de electricidad, se obtiene la información indicada en Tabla 6.3. La interpretación y códigos de remarcado son los mismos que se utilizó en la tabla anterior 6.2, de relación de concepciones

Conocimiento utilizado por profesorado en episodios	Textos que comparten el perfil conceptual (resaltado en negrita textos que utilizan el conocimiento en episodios)												Esquema de episodios relacionados	
	ESB (12-14)					Ex Secundario (15-17)				ESP (15-17)			profesorado	textos
	E8	S8	E9	S9	P9	LS	ZS	AS	KS	SP	EP	PP		
Ley de Ohm ($V=R \cdot I$), R mayor, I menor (o viceversa)	x	x	x X	x	x	x X	x X	x X	x X	x X	x X	x X	5.43; 5.47	4.6; 4.24; 4.26; 4.31; 4.32; 4.40; 4.42; 4.50; 4.51; 4.55; 4.61; 4.66; 4.67
$R \propto L$						x X	x X	x X	x X	x X	x X	x X	5.3; 5.28; 5.29; 5.33; 5.42; 5.43	4.22; 4.31; 4.35; 4.37; 4.42; 4.48; 4.51; 4.60; 4.66
$Q \propto R$			x					x					5.25; 5.33; 5.34; 5.41; 5.43; 5.44	4.5; 4.24
$P \propto R$			x			x	x X	x X	x	x X	x X	x X	5.28	4.26; 4.37; 4.50; 4.51; 4.56; 4.61; 4.67

Tabla 6.3: Relación entre utilización de leyes de electricidad, por parte de profesorado y libro de textos

Se pone de manifiesto que las leyes de electricidad, que utiliza el profesorado en los episodios, están presentes en el tratamiento que realizan sobre el fenómeno la totalidad de los textos de 15 a 17 años y en algunos de 12 a 14 años, también se encuentran en los esquemas de episodios de los textos. Sin embargo, la aplicación de la ley de Ohm o de la potencia eléctrica en textos no se refleja en el discurso del profesorado, mientras que la referencia del profesorado a la relación entre Q y R ,

mantiene escasa relación con los enunciados de los textos, al menos en los apartados motivo de estudio. Donde la relación resulta muy fuerte es en la utilización del enunciado que vincula R y L, prácticamente omnipresente en los discursos del profesorado y en los textos de 15 a 17 años, independientemente de cuando haya tenido lugar la edición del texto.

La interpretación del Tabla 6.3 es similar a la Tabla 6.2, pero en este caso aplicada a enunciados que utilizan leyes de electricidad. Veamos el ejemplo de la relación de la potencia eléctrica con la resistencia. Del estudio del concepto de potencia eléctrica que presentan los textos, y que se estudia en apartado 4.1.2.5 (pp.211-222), se identifica los textos que le dan tratamiento, estos son el E9 de ESB, y la totalidad de la muestra de Polimodal, cuestión que se indica con (x) en Tabla 6.3. De estos textos, sólo algunos utilizan la relación y lo hacen en los Esquemas 4.26; 4.37; 4.50; 4.51; 4.56; 4.61; 4.67, que corresponden a episodios de los textos ZS, AS, SP, EP y PP. Finalmente, surge que la concepción se encuentra en un solo episodio del profesorado representado por el Esquema 5.28, que según Cuadro 6.1 corresponde al discurso de la profesora Rosa.

6.2.2. Relación de enfoques argumentativos

El vaciado de enunciados siguiendo la secuencia de Esquemas de episodios indicados en Cuadros 6.1 y 6.2, permite obtener una *visualización conjunta del proceso de construcción argumentativa* que se sintetiza en Cuadro 6.3, que denota el *enfoque argumentativo* que utiliza el profesorado y los libros de texto, tal como se ejemplificó con el sombreado en Tabla 6.1, que representa el procedimiento aplicado a una muestra de la totalidad de los episodios pasibles de vaciado. Este procedimiento de visualización de un conjunto de enunciados, facilita componer un estado de la situación y la interpretación del enfoque que respalda la dinámica de justificaciones y respaldos utilizados.

En Cuadro 6.3, se distinguen los tres enfoques argumentativos encontrados: *enfoque analógico* (sombreado gris oscuro), *enfoque alternativo* (trama puntos), *enfoque leyes de electricidad* (trama rayas).

Enfoque Argumen- tativo	Profesorado								Libros de Texto		
	FI	Z	O	C	R	S ₁	S ₂	S ₃	12-14 años	15-17 años anter ior	15-17 años actual
	5.1- 5.8	5.11- 5.15	5.18- 5.21	5.25	5.28- 5.29	5.33- 5.35	5.38- 5.44	5.47-5.52	4.1- 4.17	4.21- 4.42	4.46-4.67
Analógico											
Alternativo											
Leyes											

Cuadro 6.3: Enfoques argumentativos del profesorado y libros de texto, en episodios de la construcción de argumentos.

El Cuadro 6.3 pone de manifiesto el enfoque argumentativo del discurso de cada participante de la muestra de profesorado y el conjunto de libros de texto, agrupados por franjas de edades de los destinatarios. Por ejemplo, el profesorado en formación inicial, la profesora Zulma y el grupo de profesorado, como sí también los textos de 12 a 14 años y los de 15 a 17 años, de edición actual, denotan en sus argumentos utilizar el enfoque basado en modelo analógico.

En el caso de las *Situaciones* del discurso del grupo de profesorado, se observa la presencia en simultáneo, ya que se vacía de los mismos esquemas, de la utilización de dos y hasta tres enfoques. Por ejemplo, esto último ocurre en la situación S₁, que utiliza el enfoque analógico, alternativo y el basado en leyes, evidencia de persistencia de los discursos individuales de los participantes.

La estrategia de sombreado de los enfoques facilita la visualización para percibir su utilización. Se observa que el enfoque en el que se utilizan las leyes de la electricidad se activa escasamente, a pesar que los textos de nivel Polimodal en su totalidad presentan su tratamiento. Hemos de señalar que el profesorado en Formación Inicial no sea capaz de utilizar las leyes.

En cambio prevalece la utilización del enfoque analógico basado en el modelo cinético molecular, en correspondencia con el tratamiento que proponen los textos actuales a partir de ESB.

Se observa también que el enfoque alternativo se utiliza con continuidad, dándose el caso de que justamente el portavoz del grupo de profesorado en ejercicio, mantenga el enfoque alternativo durante la totalidad de su actuación. Dentro del enfoque alternativo, se incluyen construcciones argumentativas basadas en: la percepción, el conocimiento cotidiano o ejemplos, desvío del tratamiento del fenómeno de transformación de energía hacia el de transferencia de calor, y uso de otros modelos analógicos no pertinentes para resolver el problema, tal como el modelo cuántico.

El enfoque analógico y el enfoque de leyes, se utilizan, en la mayoría de los casos, simultáneamente con el enfoque alternativo. Hasta en alguna situación se utilizan en simultáneo los tres enfoques, con la rápida desaparición del enfoque de leyes, sustituido por el alternativo conjugado con lo analógico. Este último enfoque parece reproducirse en la situación de argumentar ante un especialista, aunque en la práctica el grupo delega su voz, en el integrante que mantiene con continuidad un enfoque alternativo. Esto es una muestra de que no siempre el conocimiento académico triunfa en la obtención de consenso entre profesionales de la enseñanza, por falta de juicio crítico, de prácticas de discusión y de capacidad para evaluar entre distintos enfoques para la toma de decisión.

El análisis realizado ha puesto de manifiesto que los enfoques argumentativos que utilizan los libros de texto en el tratamiento del fenómeno los activa el profesorado, con mayor o menor frecuencia, durante la resolución del problema auténtico, especialmente el profesorado en ejercicio, pero lo hace simultaneando con enfoques alternativos. Resultado de ello es que en ningún caso logran tomar una decisión acertada sobre la situación problemática real.

6.2.3. Relación de estructura argumentativa

Por otra parte, teniendo en cuenta que la argumentación, además de contenido tiene estructura, se analiza si existe alguna relación entre las estructuras argumentativas puestas de manifiesto por el discurso del profesorado y los libros de texto. Para ello resulta fundamental contar con los TAP de confrontación con los referenciales de investigación. Se recuerda que estos TAP surgen de interpretar el

proceso de construcción del argumento, mediante el seguimiento episodio por episodio y luego confrontar con los referenciales, qué conocimiento de éste se utilizó durante el discurso.

La información contenida en los Capítulos 4 y 5, sobre los Patrones Argumentativos de Toulmin (TAP), identificados en los Cuadros 6.4 y 6.5, resultado de confrontar el discurso analizado en cada caso, con los referenciales basados en modelo analógico y las leyes de electricidad, se convierte en recurso clave para estudiar la existencia o no de relaciones entre estructuras argumentativas. El Patrón Argumentativo de Toulmin produce un impacto en cuanto a imagen, más aún cuando durante el proceso de interpretación fue posible estructurar la información tomando como base los TAP referenciales. El conjunto de TAP de idéntica estructura, resulta potente para la aplicación de la *visualización simultánea* que muestra cuáles de los caminos que propone el referencial son seguidos por el profesorado y los textos, de manera que permite evaluar la existencia o no de relaciones entre las *rutras argumentativas* utilizadas.

En el Cuadro 6.4, se identifican los Esquemas argumentativos del profesorado, que tomando como base la estructura de los TAP referenciales indican qué elementos de los mismos utiliza cada integrante o el grupo de profesorado, durante la resolución del problema auténtico. Por ejemplo, los Esquemas 5.9 y 5.10 representan el discurso del profesorado en Formación Inicial (FI), confrontado con los TAP referenciales basado en modelo analógico y basado en leyes de electricidad, respectivamente.

Esquemas argumentativos del profesorado sobre TAP referencial								
Referencial	FI	Profesorado en ejercicio						
		Instancia individual				Instancia grupal		
		Z	O	C	R	S ₁	S ₂	S ₃
Analógico	5.9	5.16	5.22	5.26	5.30	5.36	5.45	5.53
Leyes electricidad	5.10	5.17	5.23	5.27	5.31	5.37	5.46	5.54

Cuadro 6.4: Identificación de TAP de profesorado,
motivo de estudio de relación de estructura argumentativa

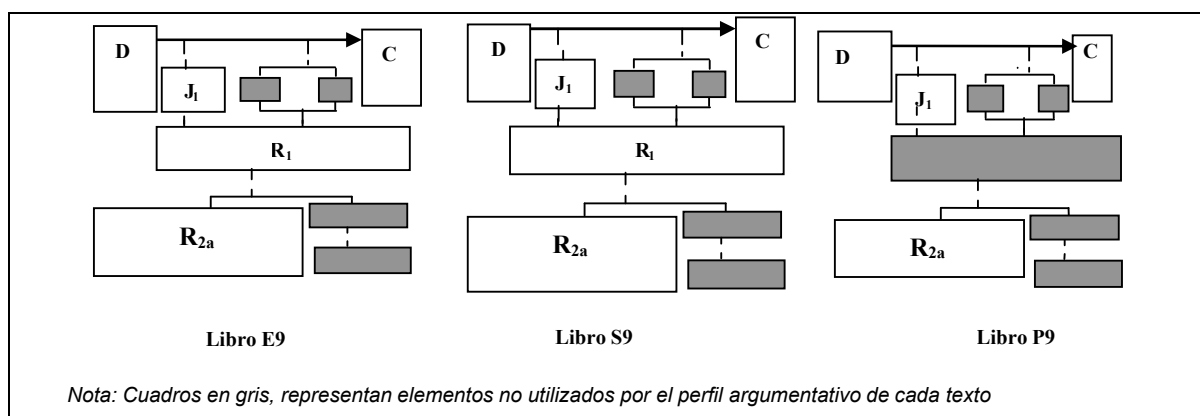
El Cuadro 6.5, indica igual información pero para el discurso que utilizan los libros de texto en el tratamiento del fenómeno de transformación de energía eléctrica en una resistencia.

Esquemas argumentativos de textos sobre TAP referencial												
Referencial	Libros de textos de 12 a 14 años					Libros de textos de 15 a 17 años						
						De edición anterior reforma				De edición durante reforma		
	E8	E9	S8	S9	P9	AS	LS	ZS	KS	EP	SP	PP
Analógico	4.4	4.7	4.10	4.13	4.18	4.28	-	4.38	4.43	4.53	4.62	4.68
Leyes electricidad	4.5	4.8	-	4.14	4.19	4.29	4.34	4.39	4.44	4.54	4.63	4.69

Cuadro 6.5: Identificación de TAP de libros de texto, motivo de estudio de relación de estructura argumentativa

La aplicación de la estrategia de *visualización simultánea* del conjunto de TAP contruidos según los TAP referenciales pone de manifiesto qué *rutras de argumentación* siguen, entendiéndolas como caminos de enlace entre elementos argumentativos utilizados. A partir de ello, es posible interpretar si existe o no relación entre la estructura argumentativa que practican profesorado y libros de textos.

En el Cuadro 6.6, a modo de ejemplo del ejercicio de *visualización simultánea*, se muestran tres TAP representativos de los perfiles argumentativos, basados en un modelo analógico, de los textos E9, S9 y P9 que, según el Cuadro 6.5, corresponden a los Esquemas 4.7, 4.13 y 4.18.



Cuadro 6.6: Visualización simultánea de un conjunto TAP de textos 9no. año de EGB, elaborados por confrontación con TAP referencial basado en modelo analógico

Los elementos que forman parte del perfil argumentativo, se identifican por la justificación o respaldo que representan, mientras que los elementos no utilizados, son destacados con un sombreado. La *visualización simultánea* de estos TAP pone de manifiesto que de tres justificaciones posibles, todos ellos utilizan solo una, J₁,

quedando delineada una ruta argumentativa: J_1 , R_1 y R_{2a} . En correspondencia con ello, se muestra que los tres libros de texto dejan sin utilizar prácticamente los mismos elementos, que se indican sombreados, en este Cuadro 6.6.

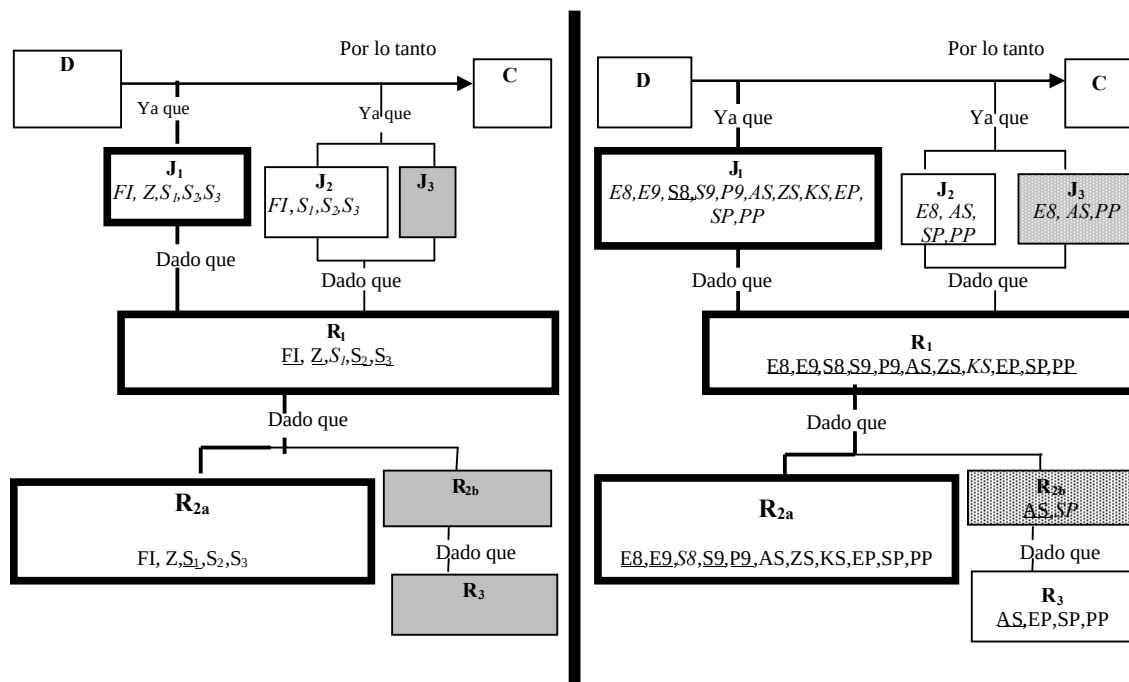
De la visualización del conjunto de los esquemas de perfiles argumentativos de profesorado y de los libros de texto, basados en un modelo analógico y en las leyes de la electricidad, indicados en el Cuadro 6.4 y el Cuadro 6.5, surge que la mayoría utiliza una estructura argumentativa semejante a la representada en los TAP del Cuadro 6.6.

Para describir el resultado de la visualización del conjunto, sobre un TAP resumen (Esquema 6.1) se identifica qué integrantes (por ej.: Z, O,...) o situaciones (por ej.: S_1) del grupo de profesorado utilizan los elementos del referencial en su propio perfil argumentativo.

Del mismo modo se procede sobre otro TAP resumen (Esquema 6.2) identificando los libros de texto (por ej. E8, AS,..., PP). Como en algunos casos los elementos son utilizados en forma alternativa (por ej., en J_1 : se opera la asociación alternativa con R mayor, en vez de la correcta, R menor), o parcial (por ej., R_1 : intercambio energético sólo en función de n° interacciones, sin considerar energía cinética de interacción), se describen estas situaciones poniendo la identificación en cursiva (por ej.: Z, O..o *E8, AS,..*), cuando hace uso alternativo, y subrayada (por ej.: Z, O..o E8, AS..) cuando hace uso parcial, también se describen combinaciones de ambas situaciones ((por ej.: Z...o *E8, AS*..).

Resultado de este procedimiento de descripción de la *visualización* simultánea de los TAP basados en un modelo analógico, se obtiene el *TAP resumen* del perfil argumentativo del profesorado (Esquema 6.1) y de los libros de texto (Esquema 6.2). La ubicación a la par de estos esquemas, es parte de la estrategia que permite destacar los puntos de relación más sobresalientes.

En primer lugar se destaca el uso de una idéntica *ruta argumentativa*, con punto de partida en J_1 , utilizada de manera alternativa, continuando por R_1 , también con utilización alternativa y parcial, y finalmente R_{2a} .



Esquema 6.1: TAP resumen del perfil de profesorado, basado en modelo analógico

Esquema 6.2: TAP resumen del perfil de textos, basado en modelo analógico

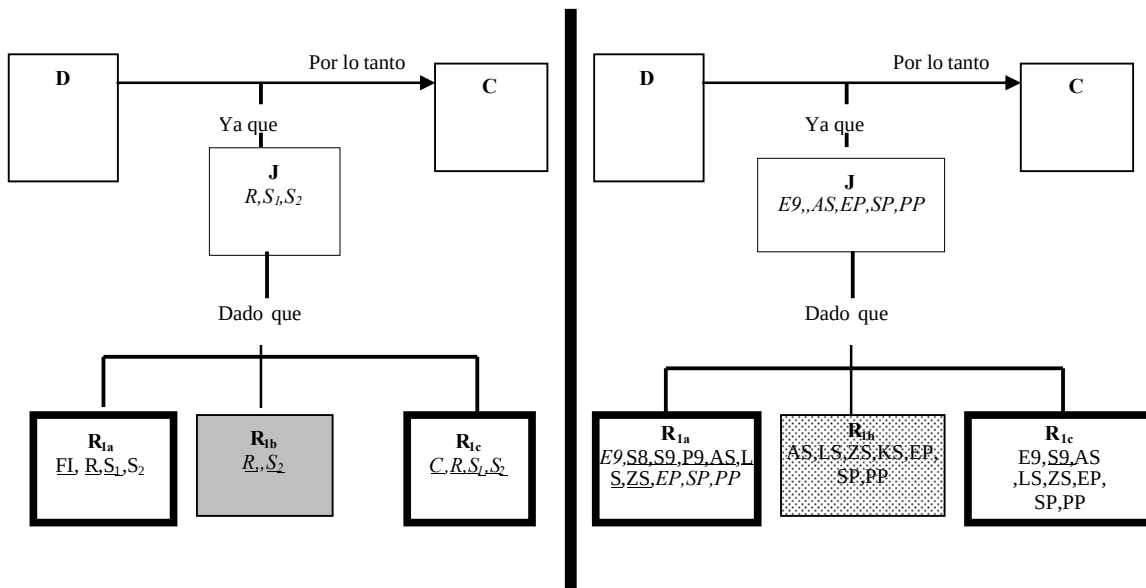
Los elementos argumentativos que no utiliza el profesorado, destacados mediante cuadros sombreados en el Esquema 6.1, coinciden con lo que ocurre en los libros de texto en los que sólo se hace mención declarativa de los mismos, pero no se utilizan en relación con el fenómeno; esto se señala mediante cuadros punteados en el Esquema 6.2.

Se encuentra coincidencia en la valoración explícita o implícita que realizan de J₂, utilizada en ambos casos en forma alternativa ya que consideran I constante, de modo que no se aplica como variable a evaluar en la ruta argumentativa. Pero en definitiva, señala una perspectiva de resolución del problema en la que no se distingue que las estufas constituyen sistemas (circuitos) diferentes. También hay coincidencia en la utilización, aunque alternativa o parcial de R₁. Mientras que en ambos esquemas, se evidencia que tienen más claro el concepto y la aplicación del elemento R_{2a}.

Respecto a los respaldos, en el caso de R_3 , se observa que el aporte de los textos, no se refleja en el discurso del profesorado, ya que están desactivadas las justificaciones que demandarían este respaldo, además de notarse que se omiten respaldos anteriores.

En definitiva -de la comparación entre *TAP resumen* del perfil argumentativo del profesorado y de los libros de texto, basado en un modelo analógico- surge la existencia de relación entre las estructuras argumentativas, que se caracterizan por una linealidad argumentativa, construida utilizando alternativa y parcialmente el conocimiento académico. Ninguno de ellos muestra una argumentación completa y global, ni del fenómeno, ni de la toma de decisión sobre el problema auténtico.

Aplicando el mismo procedimiento, se documenta el resultado de la visualización simultánea de Esquemas identificados en los Cuadros 6.4 y 6.5. Se obtienen los *TAP resumen* del perfil argumentativo del profesorado (Esquema 6.3) y de los libros de texto (Esquema 6.4) basados en las leyes de la electricidad.



Esquema 6.3: *TAP resumen del perfil de profesorado, basado en leyes de electricidad*

Esquema 6.4: *TAP resumen del perfil de textos, basado en leyes de electricidad*

Lo primero que se destaca es que en ambos falta la utilización de la justificación J_1 que vincula datos con conclusión. Esta omisión dificulta cualquier vinculación lógica de la conclusión con las leyes de la electricidad que respaldan el argumento. En definitiva no se establece una *ruta argumentativa* probablemente debido a la poca presencia que tiene este enfoque en el discurso del profesorado, según se observa Cuadro 6.3.

Esto significa que aunque prácticamente la totalidad de los textos utiliza las tres leyes en el tratamiento del fenómeno, la cognición situada sobre actividades propuestas sobre un mismo sistema conduce a la operación de los elementos argumentativos de R_{2a} y R_{2c} , evaluados a partir de la única variable que identifican, la resistencia en función de la longitud. Esto se refleja en el argumento que elabora una minoría de profesorado que al menos intenta utilizar las leyes de electricidad.

El lugar declarativo o de recurso de cálculo que los libros de textos dejan a la ley de Ohm, mantiene relación con las limitaciones de operación argumentativa por parte del profesorado. Se ha visto que la única integrante del profesorado que incorpora la ley al discurso, lo hace en forma alternativa y parcial.

Finalmente, el análisis muestra la relación entre los perfiles argumentativos del profesorado y de los libros de texto, en relación con el referencial basado en las leyes de la electricidad. Relación que destaca especialmente por la falta, en ambos, del razonamiento y la argumentación. Aún cuando en la formación se enseñen los conocimientos de base, como consta en los libros de texto, sin duda la enseñanza limitada a lo declarativo, no se aplica a satisfacer la demanda de alfabetización científica de los ciudadanos que debería resolver problemas reales.

6.3. Relación entre perfiles argumentativos de profesorado y libros de texto, con el currículo oficial

En el presente apartado se analiza si las estrategias argumentativas del profesorado y de los libros de texto tienen relación con las directrices del currículo oficial.

Como resultado de la investigación de la HT1 se ha puesto en evidencia que el currículo oficial de la Provincia de Buenos Aires, el vigente y el que se comienza a

elaborar con la nueva reforma educativa, pone énfasis en la importancia que tiene que el alumnado aprenda a *comunicar, argumentar y tomar decisiones* mediante la resolución de resolver problemas significativos.

Como se había indicado existe cierta ruptura epistemológica entre el marco teórico del currículo y el de los diseñadores curriculares de la disciplina cuando redactan los contenidos. Efectivamente los fundamentos del currículo establecen que el alumnado debe aprender a comunicar, argumentar y tomar decisiones, pero serán los distintos niveles de concreción del mismo (profesorado y libros de texto) los que muestren cuánta relación y coherencia mantienen con el currículo oficial.

Las directrices de la enseñanza de la ciencia son claras respecto a la necesidad de promover la *alfabetización científica* del ciudadano para que sea capaz de participar activamente en la vida social, utilizando un pensamiento crítico-reflexivo y evidenciando autonomía en la toma de decisiones, destacando el papel clave de la argumentación.

El razonamiento y la argumentación se han de sustentar en los contenidos y, en tal sentido, el currículo oficial considera los *sistemas energéticos* y la *transformación y conservación de la energía* como *organizadores conceptuales* en el planteamiento de situaciones problemáticas sobre las cuales confrontar ideas, expresar razonamientos y tomar decisiones, utilizando argumentos en un marco de comunicación propicia para la interacción, la cooperación y el ejercicio del discurso que *hable* acerca de la cognición social de las diferentes voces del aula. También requiere situar la cognición en la resolución de *situaciones problemáticas* reales o auténticas vinculadas con el enfoque CTSA en un mundo de creciente incertidumbre, que superen la tensión entre la rigurosidad de problemas científicos y la superficialidad de los problemas cotidianos.

En este marco es fundamental para el ejercicio de ciudadanía, saber comunicar el proceso de toma de decisión en ámbitos sociales, de modo que se puedan compartir democráticamente los elementos argumentativos sobre la decisión tomada. El aula debería convertirse en uno de los primeros lugares donde se viva este ambiente y cultura.

La información que hemos inferido, a estas alturas de la investigación, sobre las estrategias argumentativas que utilizan el profesorado y los libros de textos, ha permitido mostrar la existencia de relación entre las mismas. Corresponde analizar si mantienen relación con las directrices del currículo oficial. Para ello, se requiere de estrategias de análisis que pongan en evidencia la existencia de tales relaciones

6.3.1. Sobre estrategias de argumentación

Por un lado se puso de manifiesto el perfil argumentativo de los procedimientos indicados por el currículo oficial, al confrontarlos con el referencial sobre estrategias de razonamiento y argumentación (Tabla 2.6, pp.84).

Al contrastar el conocimiento surgido en el estudio de la HT3 con dicho referencial, surge que casi ninguna de las estrategias argumentativas enunciadas en el referencial se utiliza con eficacia por el profesorado cuando argumentan para la toma de decisiones sobre el problema auténtico planteado. Se recuerda que dichas estrategias del profesorado, en su mayoría, coinciden con las que utilizan los libros de texto cuando tratan el fenómeno de transformación de energía eléctrica en una resistencia.

A continuación se explicita como utilizan los profesores algunas estrategias argumentativas que se han encontrado en su discurso explicativo, y en algunos casos también en libros de texto, por comparación con las presentes en el referencial de investigación:

- ✓ *Identificar pruebas y datos*: no se identifica V como dato, ni que el cambio de R indica cambio de sistema (circuito), ni que I es diferente en sistemas distintos.
- ✓ *Elaborar razones*: sobre varias razones posibles, sólo elaboran aquella basada en el dato que varía, J_1 .
- ✓ *Justificar respuestas*: para convencer al auditorio no dudan en utilizar justificaciones alternativas basadas en la percepción y utilizan ejemplos en lugar de la justificación científica.
- ✓ *Analizar críticamente*: es nula la práctica de la crítica reflexiva sobre la perspectiva establecida desde concepciones alternativas.

- ✓ *Usar lenguaje de la ciencia*: utilizan el lenguaje común o de la vida cotidiana para indicar entidades científicas o representar fenómenos del campo de la electricidad.
- ✓ *Resolver un conflicto mediante negociación social*: prácticamente no hay ejercicio de negociación social del conocimiento, puesto que la estrategia que aplican para resolver conflictos es -o bien el sesgo del razonamiento para evitar cuestiones conflictivas, como es ponderar la situación en relación con más de una variable- o la imposición, por autoridad académica, mediante descalificación del auditorio.
- ✓ *Búsqueda de coherencia y globalidad*: se utiliza un razonamiento secuencial y local basado en una perspectiva única, cuando la resolución del problema requiere de amplitud de criterio y el pensamiento global. En un mismo argumento conviven enfoques alternativos y científicos, sin ninguna búsqueda de coherencia que permita discernir la calidad del discurso.
- ✓ *Comparar modelos teóricos y situación real*: ante la situación de resolver un problema real es parcial la comparación que se realiza con el modelo basado en analogías, y prácticamente nula con el modelo basado en las leyes de electricidad. No logran aplicar modelos teóricos para resolver correctamente el problema, lo que no logran en ningún caso.

Considerando que, según el estudio de la HT1, estas estrategias argumentativas tienen correspondencia con los señalamientos del currículo oficial, resulta evidente que el profesorado y los libros de texto no siguen sus directrices. Es pertinente recordar que estas estrategias tampoco son enunciadas por los diseñadores curriculares especialistas de la disciplina. Si bien en el caso de estos especialistas cabe la duda de si la ausencia de las mismas implica que no las tienen en cuenta o, por el contrario, las asumen como tan propias de las ciencias que consideran que su enunciación se supone implícita; en el caso del profesorado, queda en evidencia que no son capaces de aplicar estas estrategias de argumentación.

6.3.2. Sobre la dimensión cognitiva-lingüística y epistémica en la toma de decisiones basada en argumentos

Por otra parte, la cuestión de relacionar los perfiles argumentativos es aún más compleja que comparar una a una las estrategias de la Tabla referencial anteriormente indicada (Tabla 2.6, pp.84). El conocimiento surgido del estudio de HT2 y HT3, nos ha permitido establecer las relaciones que contemplan las distintas dimensiones de la argumentación en el contexto académico respecto de la toma de decisiones al resolver el problema real. Se conjugan en simultáneo las dimensiones cognitivas-lingüísticas, epistémicas y de comunicación en el contexto social.

La práctica de la argumentación situada en contextos de toma de decisión, representa un cambio cultural del ámbito académico, caracterizado por decisiones programadas para la resolución de situaciones que se presentan como si fueran problemáticas pero sobre las que se conocen de antemano los pasos a seguir. Además supone un cambio respecto a la postura de autoridad académica, dispuesta a dar explicaciones didácticas pero no tanto a tener que justificar su discurso académico. ¿Acaso, es común que alguien en el aula ponga en duda o bajo crítica, los enunciados académicos que sostiene el profesorado o el libro?

La puesta en evidencia de la existencia o no de relaciones con las directrices del currículo, requiere de instrumentos de análisis específicos. Respecto de esta necesidad, los estudios del discurso de aula aportan nuevos instrumentos. Uno de ellos es el propuesto por Eirexas y otros (2005) para evaluar la calidad de las justificaciones, a través de ponderar las dimensiones de *validez científica* y de *consistencia lógica* de las mismas, utilizando criterios que van de 1 a 3. El instrumento, aporta la posibilidad de representar gráficamente el resultado de la evaluación.

De la adaptación del instrumento de Eirexas y otros (2005), hemos diseñado un instrumento, cuyo impacto visual aprovecharemos para poner en evidencia el perfil argumentativo del profesorado (Figura 6.1) y de los libros de texto (Figura 6.2), y su relación con las disposiciones señaladas como deseables por el currículo.

La aplicación de este instrumento es a sólo a efectos de hacer visible la posición aproximada en la que, desde nuestro punto de vista, se encuentra el perfil argumentativo del profesorado y los libros de texto sobre la transformación de energía eléctrica en una resistencia óhmica, en relación con los señalamientos del currículo. Como tal aproximación, no pretende ir más allá de la visualización de la situación, teniendo en cuenta el carácter interpretativo de los criterios aplicados.

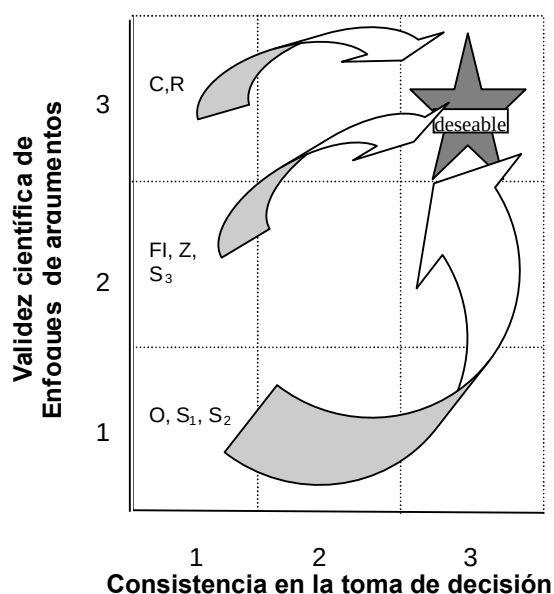


Figura 6.1: Posición aproximada de la calidad de argumentación del profesorado en la toma de decisión al resolver el problema auténtico. Relación con el señalamiento deseable del currículo oficial.

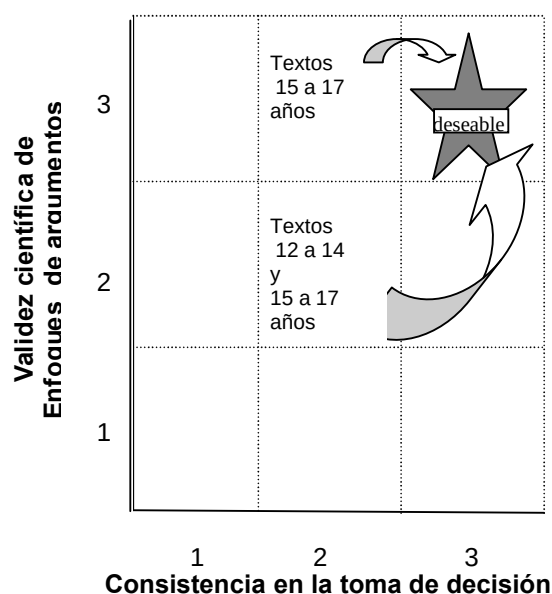


Figura 6.2: Posición aproximada de la calidad de argumentación de los libros de texto en el tratamiento del fenómeno central del problema auténtico. Relación con el señalamiento deseable del currículo oficial.

En Figuras 6.1 y 6.2, las dimensiones que se evalúan son: la dimensión cognitiva-lingüística, a través de ponderar la *validez científica de los enfoques argumentativos* utilizados y la dimensión epistémica, a través de ponderar la *consistencia lógica en la toma de decisiones*. Ambas dimensiones se evalúan sobre la base de criterios establecidos, valorados de 1 a 3, siendo el 3 el estado académicamente deseable.

La *validez científica de los enfoques de argumentación*, identificados en Cuadro 6.3, se evalúa con los siguientes criterios:

- 1: Enfoque alternativo: basado en la percepción, el conocimiento cotidiano o el fenómeno alternativo
- 2: Enfoque científico: basado en un modelo analógico
- 3: Enfoque científico: basado en las leyes de electricidad

Por otra parte, la dimensión epistémica de la argumentación situada en un proceso de toma de decisiones, requiere tener en cuenta las etapas básicas de una toma de decisión: *identificar y analizar el problema, identificar los criterios de decisión y ponderarlos* (Godino y cols., 2006; Solbes y col., 2005). Al respecto, ha quedado en evidencia la dificultad que tiene el profesorado para interpretar la información del problema planteado, para identificar las pautas y criterios de evaluación de la situación, también para razonar sobre más de una variable. La *consistencia lógica en la toma de decisiones*, se evalúa con los siguientes criterios,

- 1: No identifica el problema, no identifica criterios de decisión y no los pondera.
- 2: O no identifica el problema o no identifica criterios o no los pondera
- 3: Identifica el problema, identifica criterios y los pondera

Tomando como referencial los señalamientos del currículo, resulta *deseable* que el profesorado y los libros de texto utilicen en sus argumentaciones el enfoque científico basado en las leyes de electricidad y, en cuanto a la toma de decisión, sean capaces de identificar el problema, identificar los criterios y ponderarlos en la resolución del problema o en el tratamiento del fenómeno. Este nivel deseable, se identifica en la posición (3,3) de las Figuras 6.1 y 6.2, con una estrella con el cartel indicando *deseable*.

Es interesante observar, en Figura 6.1, que el profesorado utiliza enfoques de distinta validez científica, e independientemente del éxito con que lo apliquen, se evidencia que están presentes en su formación académica. En cambio, respecto a la consistencia lógica en la toma de decisión, se encuentra que la totalidad del profesorado se posiciona en el nivel más bajo, mostrando una ausencia de formación en procedimientos de toma de decisión fundamentados en argumentos, ante la situación de resolver una problemática real.

Las flechas representan la distancia aproximada que existe entre la posición actual del profesorado y de los libros de texto y el nivel deseable desde el currículo. En cierta manera también ofrece una noción sobre la evolución que se requeriría para alcanzarlo. Se observa que el nivel actual del profesor Oscar, vocero del grupo de profesorado en ejercicio, se ubica en posición (1,1), que identifica la utilización del enfoque alternativo, sin identificar el problema, sin establecer criterios de decisión, ni ponderar. Es preocupante que en esta posición se ubique justamente la voz del grupo, que además ejerce como formador de formadores. También el profesorado más joven, Formación Inicial (FI) y en ejercicio, posicionado en Validez científica 2 y Consistencia lógica 1, requiere evolucionar para desempeñar los señalamientos del currículo.

En la Figura 6.2, se ubican los textos de nueva edición de 12 a 17 años en la posición (2,2), ya que utilizan el enfoque analógico orientado más a la explicación del fenómeno que a dar criterios para tomar decisiones, en situación que se asemeje al problema auténtico. Por su parte, los textos de antigua y nueva edición de 15 a 17 años, se posicionan en (2,3), puesto que si bien utiliza la argumentación basada en leyes, respecto a la toma de decisiones, sus aportaciones tampoco alcanzan el nivel deseable, ya que las actividades son problemas cerrados o ejercicios tipo que utilizan las leyes más para el cálculo que para evaluar distintas alternativas. Se observa que los textos de edición nueva del nivel Polimodal, se ubican en posiciones que abarcan los dos niveles de validez científica, sin embargo respecto a la consistencia lógica, en situación de toma de decisión, no llegan al nivel deseable. Además si se interpreta tomando como punto de referencia la relación que mantienen con el discurso del profesorado, cabe la duda si respecto a la toma de decisión no estaría más cerca de la posición 1 que de la 3.

6.3.3. Sobre la dimensión cognitiva-lingüística y epistémica en la toma de decisiones basada en argumentos

Respecto a la dimensión de comunicación, El instrumento de análisis propuesto por Scott y Mortimer (2002) resulta útil para la evaluación de la

aproximación comunicativa puesta de manifiesto durante el proceso argumentativo del profesorado. La ubicación gráfica de los resultados facilita la interpretación de la existencia de relaciones entre el estado actual y el deseable, que según las indicaciones del currículo oficial, es un discurso **Dialógico e Interactivo (DI)**. Posición que se identifica en la Figuras 6.3 y 6.4 con una estrella con cartel.

En Figura 6.3 se muestra el estado de *aproximación comunicativa* puesta de manifiesto por el profesorado, en las situaciones de referencia, respecto al nivel deseable que señala el currículo. Se aplica también, el mismo instrumento para evaluar el discurso de los libros de texto, Figura 6.4. En la evaluación de la calidad de aproximación comunicativa del discurso se ha aplicado el instrumento de análisis de Scott y Mortimer (2002), que evalúa cuatro tipos de discursos en el aula con los siguientes criterios (Mortimer, 2004).

1. *Autoritario (A) y no Interactivo (nI)*: el profesor habla sólo, desde un único punto de vista.
2. *Autoritario (A) e Interactivo (I)*: más de una persona habla, pero desde un único punto de vista.
3. *Dialógico (D) y no Interactivo (nI)*: el profesor habla sólo, pero representa en su habla diferentes puntos de vista.
4. *Dialógico (D) e Interactivo (I)*: más de una persona habla y se habla desde diferentes puntos de vista.

El estudio ha dado elementos de conocimiento sobre la aproximación comunicativa que practica el profesorado en ejercicio al argumentar la toma de decisión cuando resuelve el problema auténtico.

Se trata de un discurso construido sobre una perspectiva única impuesta por autoridad y defendida de la crítica con la más efectiva de las estrategias, en la que no hay lugar para la interacción, de ahí que se lo ubica en la posición Autoritario-no Interactivo (**AnI**). El profesorado en formación inicial, establece un poco más de interacción entre pares, pero también sobre una perspectiva única, se lo ubica en la posición Autoritario-Interactivo (**AI**). Queda de manifiesto que en ningún caso cumplen los señalamientos del currículo respecto a que en los ambientes de aula de ciencias es deseable la práctica de un discurso, Dialógico e Interactivo (**DI**).

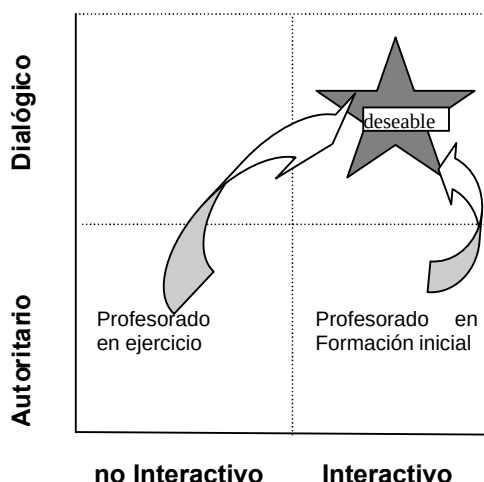


Figura 6.3: Aproximación comunicativa del profesorado en la toma de decisión al resolver el problema auténtico. Relación con señalamiento deseable del currículo oficial.

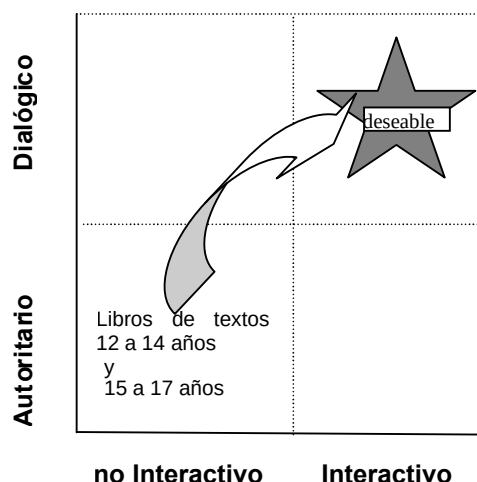


Figura 6.4: Aproximación comunicativa de libros de texto en el tratamiento del fenómeno central del problema auténtico. Relación con señalamiento deseable del currículo oficial.

Sin duda la práctica de discurso Autoritario y no Interactivo, es poco propicia para el desarrollo de pensamiento crítico y formación de autonomía en la toma de decisiones, tomando como base argumentos contruidos en el aula de ciencias.

Respecto a la aproximación comunicativa de los libros de textos se ha encontrado que si bien los textos de edición más reciente utilizan un lenguaje más coloquial, las estrategias de comunicación son similares a las que evidencia el discurso que el profesorado dirige a un destinatario que supone no alfabetizado en ciencias. Algunas de estas estrategias consisten en plantear preguntas que el mismo libro contesta a continuación, comprometer la cognición del lector utilizando enunciados en primera persona del plural, como si decir *nosotros* significara un diálogo construido entre texto y lector, cuando el recurso apunta a la conducción del razonamiento desde la perspectiva que indica el texto. De manera que se entiende que la aproximación comunicativa de los libros de texto, es semejante a la del profesorado.

La interpretación de la aproximación comunicativa de los discursos de los libros de texto, resulta cercana a la que evidencia el profesorado en ejercicio. Quizás por el lugar de autoridad que ocupa, por el formato papel, pero fundamentalmente porque no propone situaciones abiertas que requieran evaluar distintas alternativas que el texto solicite resolver o resuelva explicitando argumentos.

6.3.4. Integración de las distintas dimensiones del perfil argumentativo

La estrategia de volcar la información sobre los instrumentos que aporta la investigación educativa, ha sido de utilidad para relacionar distintas dimensiones que participan en el proceso de argumentación de la decisión tomada sobre un problema real a resolver en el contexto del aula de ciencias. Se considera oportuno integrar en un mismo instrumento las distintas dimensiones que se ponderan al evaluar la calidad del perfil argumentativo del profesorado (Figura 6.5) y de los libros de texto (Figura 6.6), y su relación con los señalamientos del currículo.

Continuando con la línea de aportar más evidencias sobre el estado actual que, se interpreta representa el perfil argumentativo, se compone un instrumento que impacta visualmente. Se diseña considerando que cada posición que relaciona la dimensión cognitivo-lingüística y la dimensión epistémica (Figura 6.1), puede presentar, desde el punto de vista de la aproximación comunicativa, cualquiera de los cuatro tipos de discursos indicados en Figura 6.3. Se propone una matriz de aproximación comunicativa que se ubica sobre cualquier posición de la matriz cognitivo-lingüística-epistémica.

Sobre la Figura 6.5, se interpreta que la matriz base presenta nueve posiciones posibles, donde la posición Validez científica, 3 y Consistencia, 3, que identificamos como posición *tres tres (33)* y se destaca con sombreado, es la deseable. Sobre cada una de esas nueve posiciones puede darse cualquiera de los cuatro tipos de discursos, donde el Dialógico-Interactivo (**DI**), se identifica como deseable y se destaca con una “carita”. De esa manera, se compone que la posición **33DI** representa, según el currículo oficial, el estado deseable del perfil argumentativo en la toma de decisiones sobre el problema real. Esta posición de estado deseable, se destaca con una estrella con cartel.

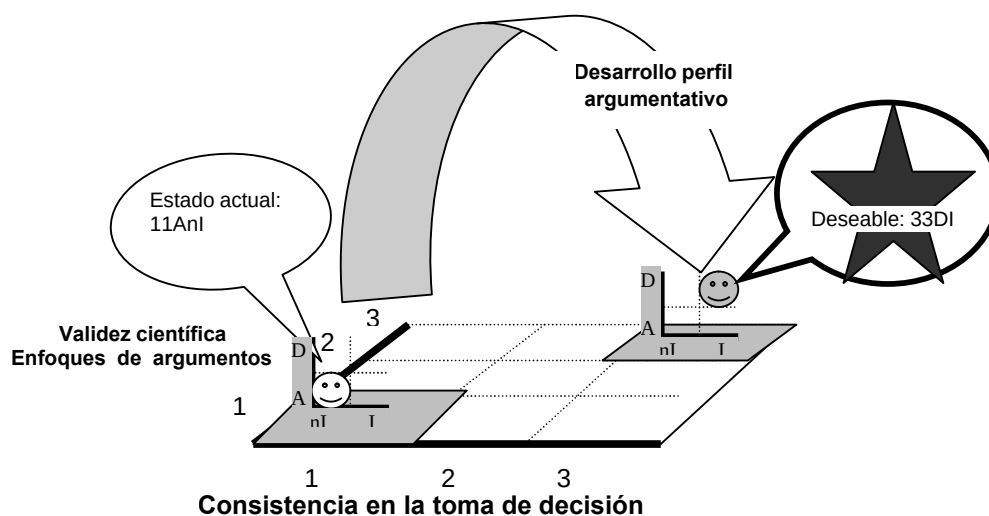


Figura 6.5: Posición aproximada de la calidad del perfil argumentativo del profesor Oscar, en relación con el perfil deseable según currículo oficial. Necesidad de desarrollo del perfil

A modo de ejemplo de cómo se utiliza este instrumento multi-dimensional, se retoma el caso del profesor Oscar, portavoz del grupo de profesorado en ejercicio. La evaluación de la calidad de su práctica de argumentación en la toma de decisión del problema auténtico, se posiciona en Validez científica, 1; Consistencia lógica en la toma de decisión, 1; Aproximación comunicativa, Autoritario (A) y no Interactivo (nI), que resumimos como posición **11AnI**. Evidentemente una posición de máxima distancia respecto al estado deseable propuesto por el currículo. El impacto visual de la información sobre el gráfico, da idea respecto a la diferencia sustantiva entre el perfil argumentativo del profesor y los requerimientos del currículo. Para el resto del profesorado, el instrumento permite ubicar la información del perfil en otras posiciones, que a modo de pequeños deslizamientos podrían desarrollarse hacia lo deseable.

De igual manera se interpreta la aplicación del instrumento al argumento de los libros de texto sobre el tratamiento del fenómeno central del problema. A modo de ejemplo en la Figura 6.6 se muestra la aplicación del instrumento a la evaluación de los textos de 12 a 14 años, de la muestra investigada.

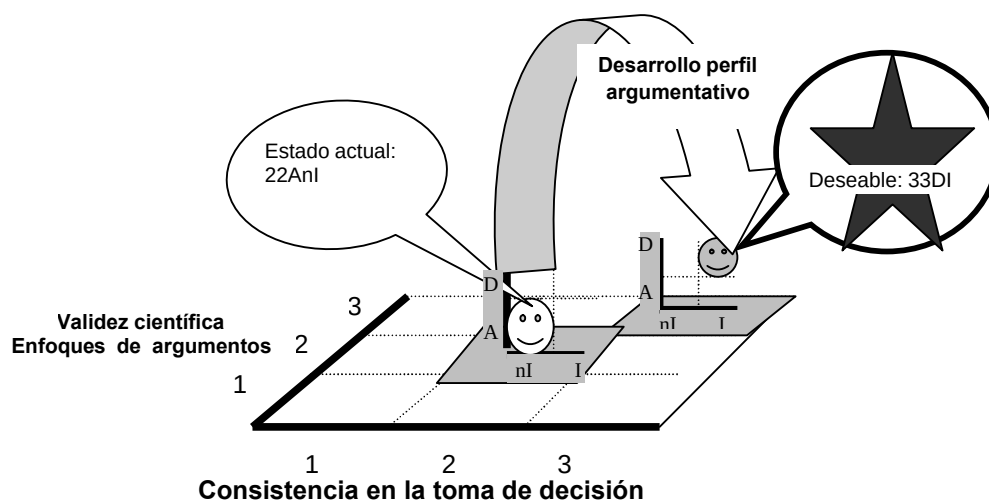


Figura 6.6: Posición aproximada de la calidad del perfil argumentativo de libros de texto de 12 a 14 años, en relación con el perfil deseable según currículo oficial. Necesidad de desarrollo del perfil

La Figura 6.6 ubica a los libros de texto de 12 a 14 años en la posición **22AnI**, que se interpreta de igual manera que la aplicada sobre la Figura 6.5. Si bien esta posición no es tan extrema como la encontrada en el caso del profesor, para llegar a la posición deseable según el currículo, sería necesario mejorar el discurso de los libros de texto de modo que desarrollasen argumentaciones desde distintos puntos de vista, incorporasen estrategias de comunicación que promuevan la interacción cognitiva con un lector, puesto en situación de tomar decisiones utilizando conocimiento científico.

El instrumento presenta treinta y seis (36) estados posibles de calidad de perfiles argumentativos. La evolución de dichos perfiles hacia el nivel deseable, se puede ilustrar como un *deslizamiento en el plano horizontal* combinado con un *deslizamiento en el plano vertical*, seguramente hay distintos caminos de lograr el desarrollo del perfil argumentativo. Lo importante es tomar conciencia de la situación y empezar a producir aunque sea pequeños cambios de situación en la formación del profesorado. También es válida esta toma de conciencia para la mejora de los libros de texto que aporten elementos en relación con el perfil argumentativo deseable en la formación en ciencias del ciudadano.

El conocimiento de la posición actual del perfil argumentativo, permite formar criterio respecto a cuán alejado está de la posición deseable, según señalamientos del currículo. Información relevante si interesara tomar a los perfiles argumentativos como un elemento de *desarrollo profesional* del profesorado (Mellado Jiménez, 2003).

6.4. Conclusiones respecto a la relación entre perfiles argumentativos

Del estudio realizado en el presente capítulo sobre la HT4 permite realizar las siguientes conclusiones respecto a la existencia o no de relaciones entre los perfiles argumentativos del profesorado, de los libros de texto y del currículo oficial.

6.4.1. Sobre la relación entre perfiles argumentativos de profesorado y libros de texto

El análisis realizado ha puesto de manifiesto que los perfiles argumentativos del profesorado y de los libros de texto, coinciden en la utilización de conocimiento alternativo sobre los conceptos claves del tratamiento del fenómeno de transformación de energía en una resistencia. También, en los enfoques argumentativos que utilizan. Y sobre todo, en aplicación de una perspectiva de argumentación sobre el supuesto de no diferencia la intensidad de corriente, en consecuencia utilizan una ruta argumentativa que aleja de la resolución correcta del problema real.

El estudio de episodios del discurso y la interpretación realizada utilizando marcos referenciales del conocimiento académicamente deseable, resulta fundamental para obtener la información para construir estrategias que permitan la relación entre los resultados.

6.4.2 Sobre la relación entre perfiles argumentativos del profesorado, de los libros de texto, y de las directrices del currículo oficial

Sobre el conocimiento inferido respecto de la existencia de relaciones entre los perfiles argumentativos del profesorado y de los libros de texto, mediante la construcción y aplicación de instrumentos al efecto, al confrontarlo con los

procedimientos que señala el currículo oficial, se encuentra, no sólo que no coinciden, sino que, en el caso del profesorado, presentan perfiles argumentativos bastante alejados de lo deseable.

El perfil de los libros de texto, tampoco coincide, pero en la interpretación se da lugar a la duda respecto a su potencialidad para aportar algunos elementos que acercan al estado deseable. Sin embargo, si se considera que la cuestión operativa de concepciones, enfoques argumentativos y estructura argumentativa resulta bastante coincidente con el perfil de profesorado, queda abierto otro aspecto de duda respecto al aporte del texto vinculado con el papel del lector y la circunstancia que facilite o no, la interpretación y operación en situación del contenido del texto.

El establecimiento de la relación entre perfiles argumentativos de discursos verbalizado por profesorado en situación, de discursos escritos y de marcos teóricos de documentos, requiere de vincular las distintas dimensiones del discurso académico, esto representa el establecimiento de relaciones entre procesos complejos. La interpretación es posible con el respaldo de marcos teóricos e instrumentos específicos para evaluar la calidad de la información.

Los perfiles argumentativos operados por los referentes del aula, difieren en mucho de los señalamientos del currículo oficial. Las distintas dimensiones y la composición de todas ellas representan un contenido complejo en la formación del profesorado que debe poner en práctica el currículo oficial.

6.4.3 Sobre los instrumentos de análisis de la relación entre los perfiles argumentativos

Ha sido fundamental contar con registros que brinden información sobre el proceso y los resultados del análisis de cada uno de los perfiles a relacionar. Además, la evaluación de la existencia o no de relaciones, ha requerido de instrumentos específicos para evaluar la calidad de las distintas dimensiones que componen los perfiles argumentativos a relacionar. Se manifiestan como fundamentales los siguientes instrumentos,

Los *Esquemas argumentativos de episodios* que recogen información del proceso de construcción argumentativa, sobre cuya secuencia se aplica la estrategia de *vaciado de enunciados de justificación y respaldos*.

Las *Tablas de enfoques argumentativos*, que recogen información que proviene de esquemas argumentativos y permite visualizar regiones que determinan dichos enfoques.

Los *Esquemas referenciales de investigación*, permiten organizar la información bajo una misma estructura que facilita la *visualización de rutas argumentativas*. Permiten aplicar la técnica de vaciado que identifica qué integrantes de la muestra utilizan cada elemento, la composición de rutas argumentativas, y es útil para comparar argumentos dentro de la misma muestra o entre muestras distintas, como es el caso de profesorado y libros de texto.

Las *Tablas referenciales de estrategias de razonamiento y argumentación*, son de utilidad para establecer criterios sobre la calidad de su utilización por parte del profesorado y de los libros de texto.

El *instrumento de evaluación de la calidad de la validez científica y consistencia lógica y sus relaciones* (Eirexas y otros, 2005) y el *instrumento de evaluación de la aproximación comunicativa* (Scott y Mortimer, 2002) son fundamentales para evaluar la relación entre las dimensiones implicadas en la calidad de la argumentación respecto de las directrices del currículo oficial. La construcción de un nuevo instrumento a partir de los anteriores, constituye una propuesta que permite ubicar el estado del profesorado y de los libros de texto respecto al propósito curricular de tomar decisiones fundamentadas en argumentos, en situación del problema real.

6.4.4. Implicaciones

Para la formación del profesorado, inicial y permanente, como así también para la evaluación de los libros de texto que se recomienda utilizar al alumnado, es necesario tener en cuenta, como una dimensión a desarrollar, que los principales referentes de la formación de los ciudadanos no presenten un perfil argumentativo acorde con las directrices del currículo oficial.

El diseño curricular debería evitar la ruptura epistemológica entre el paradigma de argumentación y comunicación que promueve el marco general y los procedimientos que enuncian los diseñadores de la disciplina.

Debido a la omisión, respecto de la argumentación y de la comunicación, que se pone de manifiesto en los diseñadores de la disciplina y, dado el perfil argumentativo que presenta el profesorado y los libros de texto, podría inferirse que estos están siguiendo lo recomendado por el currículo oficial. Sin embargo, en la práctica, hay una gran distancia y mucho que avanzar en la formación de profesorado, inclusive de aquellos que luego escriben libros de texto, para que la práctica de aula sea coherente con las perspectivas que la didáctica de las ciencias indica y que el currículo oficial recomienda.

La argumentación en el aula de ciencias, situada en la toma de decisiones para resolver el problema auténtico, demanda formación en la cultura de toma de decisiones, interacción entre pares, pensamiento crítico, y desplazar el centro del discurso de la explicación a la argumentación. Representa un cambio cultural, que cambia el lugar del profesorado en el control de aula. Este cambio de cultura sobre el control de toma de decisiones en el aula de ciencias, es clave para la formación de la autonomía y del pensamiento crítico. El perfil argumentativo debería desarrollarse de modo que se posibilite un control de toma de decisiones, por consenso, basado en la argumentación académicamente deseable, entendiendo por ello no sólo la validez del conocimiento científico, sino también la totalidad de las dimensiones que lo componen.

La propuesta curricular de los contenidos sobre la transformación de energía como organizadores conceptuales, demanda revisar la prioridad de los contenidos de enseñanza de la electricidad. En la formación de la ciudadanía, la potencia eléctrica se manifiesta como un contenido de alta relevancia en la resolución o en el establecimiento de criterios sobre situaciones o problemáticas reales, en el marco CTSA. El profesorado debe desarrollar competencias para operar con procedimientos cognitivo-lingüísticos, basados en las leyes de electricidad, situando la cognición de la potencia eléctrica como reorganizador conceptual para resolver el problema desde la perspectiva energética.

El estudio de procesos los argumentativos da una información sustantiva sobre la epistemología y la comunicación del conocimiento en el contexto académico. Resulta interesante para interpretar resultados de otras líneas de investigación educativa que evalúan principalmente conocimientos del alumnado en el aula.

Es necesario que los libros de texto incorporen formas y estructuras argumentativas en el tratamiento del fenómeno central del problema auténtico, modelizando argumentaciones sobre situaciones que vayan más allá del estudio de variaciones de elementos sobre un mismo sistema. El discurso escrito debería promover el pensamiento global de situaciones, el desarrollo de distintos puntos de vista que promuevan conflicto cognitivo, social y de toma de decisión, basadas en la aplicación del conocimiento académicamente deseable.

Es fundamental que -ante la situación de afrontar cuestiones de crisis energética con alto impacto social, tecnológico y ambiental- el ciudadano, con naturalidad, utilice en sus argumentos el conocimiento a partir de los datos que dispone, la potencia eléctrica y la diferencia de potencial. Consideramos que formar para resolver situaciones complejas, como es la problemática energética, requiere formación en el uso de procedimientos complejos. Es una ingenuidad extrema suponer que mediante un razonamiento lineal basado en ideas cotidianas, excesiva autoridad y sin interacción, sea posible intentar resolver las problemáticas reales que presenta el mundo global.

6.5. Comprobación de la HT4

A partir de la relación inferida en el presente estudio entre los perfiles argumentativos del profesorado y los libros de texto de las muestras investigadas, se han identificado elementos cognitivos y estrategias argumentativas comunes que, una vez comparadas con las directrices del currículo oficial permiten confirmar la HT4 tal como fue formulada:

Las estrategias de argumentación del profesorado coinciden, en su gran mayoría, con las estrategias de argumentación de los libros de texto que proponen para consulta del alumnado. Prácticamente no siguen las indicaciones del currículo oficial en relación con la argumentación en la resolución del problema real.

CONCLUSIONES

En este capítulo se comunican las conclusiones de la investigación, objeto de la presente memoria. El estudio se aplica en el contexto educativo de la Provincia de Buenos Aires (Argentina), el cual se caracteriza, en la última década, por una dinámica de cambios curriculares, acciones de formación del profesorado y de edición y recomendación de textos de ciencias. Las conclusiones pretenden dar una visión global sobre el estado de la cuestión en referencia a los casos analizados, sin ninguna pretensión de generalizar para cualquier currículo, libros de texto o colectivo de profesorado.

La investigación educativa señala que la *interacción discursiva* constituye el propio *proceso de hacer significados*, con énfasis en que aprender ciencias no solamente implica la construcción de los nuevos significados, sino también el *uso del conocimiento de los procedimientos de razonamiento y argumentación* que implica la elaboración del proceso cognitivo-lingüístico.

El estudio de los *productos* de conocimiento del alumnado, ha dado paso al estudio del conocimiento acerca de los *procesos* utilizados en la construcción de los mismos. Se reconoce que el *uso que hace el profesorado y los libros de texto de esos procesos* constituye el factor clave de lo que el alumnado aprende, así como que de la práctica docente depende el éxito de los cambios curriculares. Sin embargo, se conoce poco acerca de qué tipo de argumentos construye el profesorado, cuando participa en actividades discursivas, y los libros de texto, cuando abordan contenidos específicos implicados en dichas actividades.

El *objetivo* planteado en este estudio, consiste en poner en evidencia las diferencias y posibles relaciones entre las estrategias de argumentación propuestas por el currículo oficial vigente, las estrategias de argumentación que

pone de manifiesto el profesorado cuando resuelve un determinado problema relacionado con la transformación de energía eléctrica en una resistencia óhmica, cuestión seleccionada por la significatividad social que reviste la problemática conocida como *crisis energética*, que concita un llamado de atención global. En relación con ello las estrategias de argumentación que subyacen en los libros de textos.

En el primer capítulo de la memoria se explicita la experiencia del ejercicio profesional de la autora en la formación de profesorado y la relevancia de la investigación desde distintas perspectivas que dieron origen a los problemas de investigación de la presente Tesis Doctoral, que se plantean en términos de cuatro preguntas principales:

- ✓ *¿Fomenta el currículo oficial el aprendizaje de estrategias de argumentación para la resolución de problemas reales?*
- ✓ *¿Cuáles son los posibles perfiles de argumentación de los libros de texto que el profesorado en formación inicial y en ejercicio recomienda al alumnado de 12 a 17 años, cuando dan solución a los problemas reales antes mencionados?*
- ✓ *¿Cuáles son los posibles perfiles de argumentación del profesorado de Física, en formación inicial y en ejercicio, cuando resuelven dichos problemas reales?*
- ✓ *¿Existen relaciones entre el perfil de argumentación propuesto por el currículo oficial, los perfiles de argumentación del profesorado en formación inicial y en ejercicio, y los libros de texto citados anteriormente?*

Para responder las preguntas planteadas se revisó en la literatura científica el estado de la cuestión en las dimensiones estudiadas, estableciendo luego las Hipótesis de Trabajo y el plan de trabajo. Las claves del plan se representan en una *V de Gowin* (pp.56).

Las muestras se establecen de acuerdo con el objeto de la investigación: Una de ellas corresponde a los documentos del currículo oficial del ámbito nacional y provincial, otra al profesorado en formación inicial y en ejercicio en el

nivel educativo de 12 a 17 años, mientras que la de los libros de texto surge de la información suministrada por el profesorado.

El estudio del discurso escrito de los documentos oficiales y de los libros de texto, y del registro del discurso oral del profesorado, en relación con la toma de decisión sobre un problema real, requiere de un diseño experimental que aprovecha instrumentos (por Ej.: *TAP*) y estrategias (por Ej.: *vaciado*) probados por la investigación educativa y, cuando no dispone de ellos, los diseña.

Suponen aportaciones originales y relevantes de esta investigación, el diseño de instrumentos y estrategias de recogida de información, como son: el problema auténtico y la estrategia de su aplicación en contexto de formación permanente; los criterios de vaciado de los procedimientos enunciados en el currículo oficial, Además se diseñan instrumentos y estrategias de análisis, tales como: el proceso establecido para el análisis de los procedimientos del currículo, el referencial de estrategias de razonamiento y argumentación; los referenciales del patrón argumentativo de Toulmin (*TAP*) sobre la resolución del problema auténtico planteado; la estrategia de aplicar los *TAP* al análisis de cada episodio de la construcción argumentativa; la estrategia de volcar los resultados de análisis del discurso de cada texto y de cada participante del profesorado sobre un *TAP* representativo, elaborado sobre la estructura de los *TAP* referenciales; y el instrumento de análisis de la relación entre perfiles argumentativos que conjuga diferentes dimensiones de los discursos objeto de estudio.

El registro escrito del discurso del profesorado en la situación planteada supone un aporte relevante que, al hacerlo público, se convierte en un bien compartido con posibilidad de estudiarlo desde distintas perspectivas que no se agotan en la presente investigación que le da origen.

A la luz de los resultados, del análisis y de las conclusiones expresadas en cada capítulo donde se investigaron cada una de las hipótesis de trabajo, ha sido posible conocer el estado de la cuestión que se recoge en capítulo sexto a fin de establecer relaciones. En el presente capítulo se está en condiciones de formular conclusiones desde una visión global.

. **El currículo oficial del Área de Ciencias**, pone de manifiesto la concepción de que el aprendizaje de destrezas cognitivo-lingüísticas es fundamental en la formación de una ciudadanía capaz de resolver con autonomía problemáticas reales y *tomar decisiones a partir de argumentos* contruidos durante la interacción social y cooperativa. Señala explícitamente el papel fundamental que tienen los procedimientos de *comunicación, razonamiento y argumentación* en el aprendizaje de ciencias- para el logro del *pensamiento lógico, reflexivo y crítico*. Inclusive indica específicamente que el profesorado debe ser capaz de analizar y orientar el uso de razonamientos y argumentación en la confrontación de ideas y toma de decisiones en relación con problemáticas reales, identificando especialmente las planteadas sobre sistemas que transforman la energía eléctrica en otro tipo de energía.

Independientemente de detectar visiones epistemológicas diferentes entre señalamientos del marco didáctico y los de las disciplinas, respecto a la redacción de procedimientos, se está en condiciones de confirmar, para los procedimientos del Área de Ciencias, que *el currículo oficial vigente señala que el alumnado debe aprender estrategias de argumentación para la resolución de problemas planteados como pequeñas investigaciones*.

. **Los libros de textos** que el profesorado en formación inicial y en ejercicio recomienda al alumnado de 12 a 17 años, para la consulta sobre el fenómeno de transformación de energía eléctrica en una resistencia, prácticamente la totalidad institucionaliza el fenómeno e instala la idea de que a mayor resistencia de una estufa eléctrica, se logra mayor calentamiento. Idea que se sustenta y aplica a las actividades que proponen, mediante la aplicación de concepciones alternativas y razonamientos centrados en la resistencia como única variable del sistema. Cuestión que parcializa el patrón argumentativo -sea analógico o basado en las leyes de la electricidad- que de trasladarse al problema auténtico conduciría a una conclusión alternativa.

Como resultado del análisis se está en condiciones de afirmar que *los libros de texto, de la muestra investigada, no utilizan estrategias de argumentación para la resolución del problema planteado y los argumentos que*

construyen en relación con el fenómeno no conducen a la interpretación del fenómeno real.

. El profesorado en formación inicial y en ejercicio -en situación de resolver y tomar decisiones a partir de argumentos sobre un problema real centrado en la transformación de energía eléctrica en la resistencia óhmica de estufas eléctricas- en ningún caso, ni individualmente ni en grupo, logra elaborar la conclusión académicamente deseable.

La decisión se toma utilizando un conocimiento básico alejado del conocimiento científico y aplicado sobre enfoques alternativos o científicos pero sesgados por discursos establecidos que afirman que una resistencia mayor calienta más. Aunque los enfoques difieran, se utilizan desde una perspectiva única que no distingue los datos sustantivos, la interdependencia de variables y el cambio de sistemas.

La información que surge de los episodios del discurso del profesorado muestra rasgos de una *interacción discursiva* autoritaria y, paradójicamente, poco interactivo. Autoritaria hasta el extremo de infravalorar la comprensión del interlocutor. Como todo autoritarismo, esconde una debilidad, en este caso la impotencia del profesorado ante la dificultad de utilizar patrones argumentativos basados en teorías al resolver un problema real, que deja en evidencia el problema de articular ciencia, lenguaje, símbolos y comunicación en una actividad discursiva propia de la práctica docente, según requerimientos del currículo oficial. Debilidades que se enmascaran con recursos estereotipados de la dramaturgia de la explicación docente.

Como resultado del análisis aplicado al discurso del profesorado, de la muestra investigada, se está en condiciones de afirmar que *la totalidad del profesorado no utiliza estrategias de argumentación para la resolución del problema planteado. Y las estrategias que utilizan contienen argumentos que se elaboran sobre la base de conocimiento científico básico alejado del conocimiento científico deseable.*

. Las relaciones entre los perfiles argumentativos del profesorado y de los libros de texto han puesto en evidencia que existe relación en la utilización de

concepciones, enunciados, enfoques argumentativos y *rutas argumentativas en el TAP*, de ambos discursos.

El análisis del estado de la relación entre estos perfiles argumentativos y el perfil argumentativo del currículo oficial, pone de manifiesto que se alejan del perfil argumentativo deseable desde la perspectiva del currículo. Para alcanzarlo, se requiere de desarrollo profesional del profesorado -del que enseña en el aula y del que enseña a través de los textos que escribe- en el sentido de modificar el proceso argumentativo en las actividades discursivas orales y escritas, fuentes académicas donde aprende el alumnado la ciencia escolar.

A partir de la relación inferida en el presente estudio entre los perfiles argumentativos del profesorado y los libros de texto de las muestras investigadas, se han identificado elementos cognitivos y estrategias argumentativas comunes que, una vez comparadas con las directrices del currículo oficial permiten afirmar que *las estrategias de argumentación del profesorado coinciden, en su mayoría, con las que utilizan los libros de texto. Pero prácticamente no siguen las indicaciones del perfil argumentativo del currículo en relación con resolución de problemas reales.*

En cada capítulo de estudio de las Hipótesis de trabajo, se han indicado implicaciones específicas. Finalizando la memoria, surge como fundamental, que los ámbitos de formación del profesorado de ciencias se conviertan en ambientes de expresión de las argumentaciones del profesorado durante la resolución de problemas reales. Una nueva cultura de reconocer el proceso cognitivo-lingüístico y el lenguaje como *propiedad pública* (Toulmin, 1977), actuando sobre ellos en cuanto objeto de enseñanza. Y que este desarrollo se traslade a las prácticas docentes en el aula de ciencias.

Se abren nuevos interrogantes respecto al diseño e implementación de secuencias de enseñanza en la formación de profesorado, que permitan el desarrollo del perfil argumentativo de este colectivo. Así también, acerca de las estrategias de argumentación que el profesorado utilizaría en sus intervenciones en el aula al implementar secuencias didácticas con actividades abiertas del campo de la electricidad, en relación con la situación real donde la problemática de la energía eléctrica tiende a acentuarse en un mundo globalizado. ¿Será

posible superar las limitaciones impuestas por las *rutas argumentativas* sesgadas que conducen a conclusiones alternativas? Si así fuera, ¿qué otras problemáticas tienen la potencialidad de poner de manifiesto este estado de la situación de la enseñanza de destrezas cognitivo-lingüísticas?

La gestión educativa de la Provincia de Buenos Aires comienza a diseñar un nuevo currículo oficial. Sería deseable que el conocimiento sobre el estado de la situación, constituya un aporte para los distintos niveles de concreción del currículo. Manteniendo el principio de no generalizar, es posible que algún conocimiento obtenido acerca del perfil del profesorado revista características comunes con otros profesorados del contexto iberoamericano, donde circulan algunos de los textos analizados y de donde se inspira el currículo oficial objeto de estudio.

Con el convencimiento de que los resultados de la investigación educativa toman sentido en cuanto impacten en la práctica docente en el aula, resulta fundamental el acercamiento del conocimiento obtenido a los ámbitos propios del profesorado, en este sentido se ha realizado una comunicación en una reunión de profesorado en una escuela de Secundaria (García de Cajén, 2007a). También es importante enfrentar el desafío de aportar materiales didácticos basados en los resultados que emergen de la investigación, en aprovechar el conocimiento que resulta del estudio, en este otro sentido se ha generado un material multimedial (García de Cajén, 2007b) destinado a la alfabetización sobre el problema de la crisis en la energía eléctrica abordada, con potencialidad de razonar y argumentar sobre situaciones reales del contexto, utilizando el lenguaje de las ciencias.

Desde lo personal y lo profesional, la experiencia de realizar esta investigación ha dejado en la autora de este trabajo enseñanzas, nuevas preguntas, perspectivas de docencia e investigación en la línea del razonamiento y de la argumentación del currículo, libros de textos, profesorado y sus relaciones, y un agradecimiento inmenso a quienes la acompañaron en la realización del mismo.

BIBLIOGRAFÍA

a) Referencias Bibliográficas

ALVAREZ, V. (1997). Argumentación y razonamiento en los textos de Física de secundaria. *Alambique*, 11, 65-74.

ALVAREZ, V. M. (1998). *Curriculum Design and its Relationship with Argumentation Patterns in Secondary Physics Classrooms*. Paper presented at the 4th. European Summer School in science Education of ESERA. August 26 to September 2, 1998. París.

ALVAREZ PÉREZ, V. M.; BERNAL GÓMEZ, M.A. y GARCIA- RODEJA FERNANDEZ, E. (1998). *Destrezas argumentaciones en Física. Un estudio de caso utilizando problemas sobre flotación*. En Banet, E. y De Pro, A. (coords.) *Investigación e Innovación en la Enseñanza de las Ciencias*. 120-130. Lleida: DM.

ALVAREZ PÉREZ, V. M.; BERNAL GÓMEZ, M.A. y GARCIA- RODEJA FERNANDEZ, E. (1999). *Destrezas argumentativas en la resolución de un problema de Física: "O Misterio das Burbullas"*. En Martínez Losada, M.C. y García Barros, S. (eds). *La didáctica de las ciencias: tendencias actuales*. La Coruña. Servicio de publicaciones: Universidad de La Coruña. 489-500.

ANGULO DELGADO, F. (2005). El profesor universitario, el principiante y el futuro profesor. Tres estudios de caso en la formación del profesor de ciencias. Resumen de Simposio. VII Congreso Internacional sobre Investigación en la Didáctica de las Ciencias. Educación científica para la ciudadanía. Granada, 7 al 10 de septiembre de 2005. *Enseñanza de las Ciencias. Número extra. Año 2005*.

AUSUBEL, D. P.; NOVAK, J. D. y HANESIAN, H. (1983). *Psicología Educativa*. México: Trillas.

BAÑAS SIERRA, C., MELLADO JIMÉNEZ, V. y RUIZ MACÍAS, C. (2003). Las ideas alternativas del alumnado de primer ciclo de Educación Secundaria Obligatoria sobre la conservación de la energía, el calor y la temperatura. *Campo Abierto*, 24, 99-126.

BERTELLE, A.; CASTRO, M.; GARCIA, S. y ROCHA, A. (comp.) (2003). *Memorias del Encuentro de Investigadores en Enseñanza de las Ciencias. Homenaje al Profesor Doctor Eugenio García-Rodeja Fernández.* Olavarría. Edición conjunta entre las Universidades de Santiago de Compostela (España) y del Centro de la Provincia de Buenos Aires (Argentina)

BERTELLE, A.; CASTRO, M.; GARCIA, S. y ROCHA, A. (2006). *Aportes a la discusión acerca de la Formación de docentes de Ciencias.* En Díaz de Bustamante, J. y Jiménez Aleixandre. *Perspectivas sobre al aprendizaxe das Ciencias e das Matemáticas. Estudos en Honor ao Profesor Eugenio García-Rodeja Fernández.* Departamento de Didáctica das Ciencias Experimentais. Unidixital. Servicio de edición dixital. Universidad de Santiago de Compostela.

BONIL, J. y PUJOL, R.M. (2005a). Paradigma de la complejidad, educación científica y educación para el desarrollo sostenible. Ponencia. Simposio Paradigma de la complejidad, educación científica y educación para el desarrollo sostenible.VII Congreso Internacional sobre Investigación en la Didáctica de las Ciencias. Educación científica para la ciudadanía. Granada, 7 al 10 de septiembre de 2005. *Enseñanza de las Ciencias. Número extra. Año 2005.*

BONIL, J. y PUJOL, R.M. (2005b). La aventura de integrar complejidad en la educación científica de la ciudadanía. Ponencia. Simposio Paradigma de la complejidad, educación científica y educación para el desarrollo *sostenible*. VII Congreso Internacional sobre Investigación en la Didáctica de las Ciencias. Educación científica para la ciudadanía. Granada, 7 al 10 de septiembre de 2005. *Enseñanza de las Ciencias. Número extra. Año 2005.*

BROWN, A. L. y PALINCSAR, A.S. (1989). *Guided, cooperative learning and individual knowledge acquisition*, en Resnick, L. y Hillsdale, N. (comps.) *Knowing, Learning and Instruction*, Nueva York: Lawrence Erlbaum Associates, 392-452. En: Carretero, M., (1996). *Construir y Enseñar las Ciencias Experimentales*. 209-247. Buenos Aires: Aique.

BROWN, A.L. (1992). Design Experiments: theoretical and Methodological Challenges in creating complex interventions in classroom settings. *The Journal of the learning Sciences*, V 2, 141-178.

BURDACH RUDLOFF, A. M. y PONS GALEA, H. (2005). El entramado persuasivo del texto publicitario. En: Harvey, A. *En Torno al discurso. Contribuciones de América Latina*. Cap.1: *Discurso y Argumentación*. Santiago (Chile): Ediciones Universidad Católica de Chile. 66-78

CAAMAÑO ROS, A. (1988). Tendencias actuales en el currículo de ciencias. *Enseñanza de las Ciencias*, 6 (3), 265-277.

CALVO PASCUAL y MARTÍN SÁNCHEZ (2005). Análisis de la adaptación de los libros de texto de ESO al currículo oficial, en el campo de la química, *Enseñanza de las Ciencias*, 23 (1), 17-32.

CAMARGO, S. y NARDI, R. (2005). A formacao inicial de profesores de Física: discursos de licenciados sobre a prática docente. Comunicación en VII Congreso Internacional sobre Investigación en la Didáctica de las Ciencias. Educación científica para la ciudadanía. Granada, 7 al 10 de septiembre de 2005. *Enseñanza de las Ciencias. Número extra. Año 2005.*

CAMPANARIO, J.M. y OTERO, J.C. (2000). Más allá de las ideas previas como dificultades de aprendizaje: las pautas de pensamiento, las concepciones epistemológicas y las estrategias metacognitivas de los alumnos de ciencia, *Enseñanza de las Ciencias*, 18(2), 155-169.

CAMPANARIO, J.M. (2001). ¿Qué puede hacer un profesor como tú o un alumno como el tuyo con un libro de texto como éste?. Una relación de actividades poco convencionales. *Enseñanza de las Ciencias*, 19(3), 351-364.

CAMPANARIO, J.M. (2003). De la necesidad, virtud: Cómo aprovechar los errores y las imprecisiones de los libros de texto para enseñar Física. *Enseñanza de las Ciencias*, 21(1), 161-172.

CAÑAL, P. (2000). El conocimiento profesional sobre las ciencias y la alfabetización científica en primaria. *Alambique*, 24, 46-56.

CAREY, S. (1985). *Conceptual change in childhood*. (Bradford Books MIT Press: Cambridge. MA). En: Duschl, R.A. (1997). *Renovar la Enseñanza de las Ciencias. Importancia de las teorías y su desarrollo*. Madrid: Narcea.

CAREY, S. (1986). Cognitive science and science education. *American Psychologist*, 41, 1123-1130. En: Duschl, R.A. (1997). *Renovar la Enseñanza de las Ciencias. Importancia de las teorías y su desarrollo*. Madrid: Narcea.

CASCARINI, L.; GARCÍA-RODEJA, E.; VILLARREAL, E.; ODETTI, H.; EYLER, N. y ROCHA, A. (2000). Master in didactics of experimental sciences in Argentina: evaluation of de second edition and future actions. *Actas 16th International Conference on Chemical Education*. Budapest. Hungría. 5 al 10 de agosto de 2000.

CHAMIZO GUERRERO, J. A. (2007). Las aportaciones de Toulmin a la enseñanza de las ciencias. *Enseñanza de las Ciencias*, 25(1), 135-146.

CLARÍN (2004a). Fuerte suba para los que no ahorren luz y gas. *Diario nacional*. Buenos Aires. 02-05-04.

CLARÍN (2004b). Campaña para el ahorro de luz y gas. *Diario nacional*. Buenos Aires. 03-05-04.

CLARÍN (2006a). Energía: dos años para vivir con la capacidad al límite. *Diario nacional*. Buenos Aires. 03-09-06.

CLARÍN (2006b). La provisión de energía: claves de un panorama cada vez más complicado. *Diario nacional*. Buenos Aires. 10-09-06.

CLAXTON, G. (1987). *Vivir y aprender*. Psicología del desarrollo y del cambio en la vida cotidiana. Madrid: Alianza. Psicología.

CONDOR, S. y ANTAKI, CH. (2001). *Cognición social y discurso*. En Van Dijk, T.A. *El discurso como estructura y proceso*. Barcelona: Ed. Gedisa.

COOPELECTRIC (1998). Boletín Informativo. Olavarría: *Cooperativa Lda. De Consumo de Electricidad y Servicios Anexos de Olavarría y Asociación de Distribuidoras de Energía Eléctrica de la República Argentina (ADEERA)*.

COOPELECTRIC (2002). Boletín Informativo. Olavarría: *Cooperativa Lda. De Consumo de Electricidad y Servicios Anexos de Olavarría y Asociación de Distribuidoras de Energía Eléctrica de la República Argentina (ADEERA)*.

COOPELECTRIC (2004). Boletín Informativo. Olavarría: *Cooperativa Lda. De Consumo de Electricidad y Servicios Anexos de Olavarría y Asociación de Distribuidoras de Energía Eléctrica de la República Argentina (ADEERA)*.

COOPELECTRIC (2007). Boletín Informativo. Olavarría: *Cooperativa Lda. De Consumo de Electricidad y Servicios Anexos de Olavarría y Asociación de Distribuidoras de Energía Eléctrica de la República Argentina (ADEERA)*.

COUCE, A.; DOMÍNGUEZ, J.M. y ALVAREZ, V. (1999). *Argumentación del alumnado de 2º de E.S.O. sobre un problema relacionado con la formación de sombras*. En Martínez Losada, M.C. y García Barros, S. (eds). *La didáctica de las ciencias: tendencias actuales*. La Coruña. Servicio de publicaciones: Universidad de La Coruña. 273-285.

DE PRO BUENO, A. y SAURA, O. (2001). Nuevos tiempos, nuevos contenidos de Física. *Alambique*, N° 19, 53-62.

DGCE (Dirección General de Cultura y Educación de la Provincia de Buenos Aires), (1995). *Ley Federal de Educación. Ley de Educación de la Provincia de Buenos Aires, Contenidos Básicos Comunes. Módulo O. Capítulo Ciencias Naturales*. La Plata: DGCE. 167-175.

DGCE (Dirección General de Cultura y Educación de la Provincia de Buenos Aires), (1997a). *Documento Curricular 0*. La Plata: DGCE.

DGCE (Dirección General de Cultura y Educación de la Provincia de Buenos Aires), (1997b). *Documento Curricular B1*. La Plata: DGCE.

DGCE (Dirección General de Cultura y Educación de la Provincia de Buenos Aires), (1997c). *Documento Curricular B2*. La Plata: DGCE.

DGCE (Dirección General de Cultura y Educación de la Provincia de Buenos Aires), (1997d). *Documento Curricular C1*. La Plata: DGCE.

DGCE (Dirección General de Cultura y Educación de la Provincia de Buenos Aires), (1998a). *Documento N° 1, 2, 3 y 4 de la Capacitación para Supervisores de Educación General Básica. Área Ciencias Naturales*. La Plata: DGCE.

DGCE (Dirección General de Cultura y Educación de la Provincia de Buenos Aires), (1998b). *Contenidos de Física. Documento del Nivel Polimodal*. Primer Borrador. Noviembre 1998. La Plata: DGCE.

DGCE (Dirección General de Cultura y Educación de la Provincia de Buenos Aires), (1998c). *Física. Propuesta Curricular de articulación E.P–TTP*. La Plata: DGCE.

DGCE (Dirección General de Cultura y Educación de la Provincia de Buenos Aires), (1998d). *Definiciones para el diseño del Proyecto Institucional Curricular. Dirección de Educación Media, Técnica y Agraria*. La Plata; Programa de Transformación Educativa de la Provincia de Buenos Aires. DGCE.

DGCE (Dirección General de Cultura y Educación de la Provincia de Buenos Aires), (1999a). *Diseño Curricular. Educación Inicial. Educación General Básica*. Tomo II. Resolución N° 13.227/99. La Plata: DGCE.

DGCE (Dirección General de Cultura y Educación de la Provincia de Buenos Aires), (1999b). *Fundamentación de la estructura curricular de la Formación Docente 3° Ciclo de la E.G.B. y Nivel Polimodal*. La Plata: DGCE.

DGCE (Dirección General de Cultura y Educación de la Provincia de Buenos Aires), (2000). *Documento de Contenidos de Trayectos Formativos. Área Ciencias Naturales*. Resolución N° 4458/2000. La Plata: DGCE.

DGCE (Dirección General de Cultura y Educación de la Provincia de Buenos Aires), (2004). *Plan Educativo 2004/2007*. La Plata: Gobierno de la Provincia de Buenos Aires.

DGCE (Dirección General de Cultura y Educación de la Provincia de Buenos Aires), (2005a). *Espacio Curricular Física. Modalidad Producción Bienes y Servicios*. La Plata: Programa de Definición de Diseño Curricular del Nivel Polimodal. DGCE.

DGCE (Dirección General de Cultura y Educación de la Provincia de Buenos Aires), (2005b). *Espacio Curricular Física. Modalidad Ciencias*

Naturales. La Plata: Programa de Definición de Diseño Curricular del Nivel Polimodal. DGCE.

DGCE (Dirección General de Cultura y Educación de la Provincia de Buenos Aires), (2005c). *Espacio Curricular Física. Modalidades: Arte, diseño y comunicación; Humanidades y ciencias sociales; Economía y gestión de las organizaciones*. La Plata: Programa de Definición de Diseño Curricular del Nivel Polimodal. DGCE.

DGCE (Dirección General de Cultura y Educación de la Provincia de Buenos Aires), (2006a). *Prediseño Curricular Educación Secundaria Básica- 7° año. La escuela que todos queremos*. La Plata: DGCE.

DGCE (Dirección General de Cultura y Educación de la Provincia de Buenos Aires), (2006b). *Proceso de revisión curricular del nivel Polimodal*. La Plata: DGCE. En portal educativo. www.abc.ed.gba.gov.ar, 20-09-06.

DGCE (Dirección General de Cultura y Educación de la Provincia de Buenos Aires), (2006c). La provincia de Buenos Aires entrega cuadernos de trabajo para ESB. La Plata. DGCE. En portal educativo: www.abc.gov.ar, 31-03-06.

DGCE (Dirección General de Cultura y Educación de la Provincia de Buenos Aires), (2006d). Concurso producción de textos. En El Popular. *Diario* local. Olavarría, 29-09-06.

DGCE (Dirección General de Cultura y Educación de la Provincia de Buenos Aires), (2006e). Concurso Capacitadores. En El Popular. *Diario* local. Olavarría, 10-10-06.

DGCE (Dirección General de Cultura y Educación de la Provincia de Buenos Aires), (2006f). *Relevamiento Final 2006*. Dirección de Informática y Estadística. La Plata: DGCE.

DGCE (Dirección General de Cultura y Educación de la Provincia de Buenos Aires), (2007). *Prediseño Curricular Educación Secundaria. Construcción de Ciudadanía. 1° a 3° año (7° a 9° SB)*. La Plata: DGCE.

DIAS, R.; BALESTIERI, J. y MATTOS, C. (2005). Reflexoes sobre uma educacao para o uso racional de energia. Comunicación. *Nuevos currículos, currículo CTS: cambio de enfoque, cambios de contenido*. VII Congreso Internacional sobre Investigación en la Didáctica de las Ciencias. Educación científica para la ciudadanía. Granada, 7 al 10 de septiembre de 2005. *Enseñanza de las Ciencias. Número extra. Año 2005*.

DÍAZ DE BUSTAMANTE, J. (1999). *Problemas de aprendizaje en la interpretación de observaciones de estructuras biológicas con el microscopio*. Tesis de Doctorado. Departamento de Didáctica das Ciencias

Experimentais. Universidade de Santiago de Compostela. Servicio de Publicaciones da USC.

DIMARCO, W. y TURNER, T. (1998). *The role of language in teaching and learning science*. En: Turner, T. y DiMarco, W. *Learning to teach Science in the Secondary School. A companion to school experience*, 125-146. London: Routledge.

DOMINGUEZ CASTIÑEIRAS, J. M.; GARCIA-RODEJA, E.; ILLOBRE, M.^a.L.^a; CASTRO FUCCI, M.; GARCIA, S. y ROCHA, A. (1995). ¿Utilizan os estudantes o modelo de partículas da materia na explicación de fenómenos relacionados coa Termodinámica? *Boletín das Ciencias*, 24, 123-127.

DOMINGUEZ CASTIÑEIRAS, J. M.; GARCIA, S.; GARCIA RODEJA, E.; ROCHA, A. y TENAGLIA, M. (1997a). *Relaciones conceptuales entre fuerza, movimiento y equilibrio*. Memorias de la Décima Reunión Nacional de Educación en Física (REF X) de APFA (Asoc. de Prof. de Física de la Argentina), Mar del Plata. Octubre.1997.

DOMÍNGUEZ, J.M.; GARCÍA-RODEJA, E.; PRO, A. (1997b). *Algunas ideas de los alumnos sobre calor y temperatura*. En: Jiménez Pérez R.E. y Wamba Aguado, A. (eds). *Avances en la Didáctica de las Ciencias Experimentales*. Huelva: Servicio de Publicaciones de la Universidad de Huelva.

DOMÍNGUEZ, J.M.; DE PRO, A. y GARCÍA-RODEJA, E. (1998a). Las partículas de la materia y su utilización en el campo conceptual de calor y la temperatura: un estudio transversal. *Enseñanza de las Ciencias*, 16(3), 461-475.

DOMÍNGUEZ, J.M.; DE PRO, A.; GARCÍA-RODEJA, E. e ILLOBRE, M.A. (1998b). *Esquemas conceptuales de los alumnos de secundaria sobre el modelo de partículas de la materia*. En: Banet, E. y De Pro, A. (coords.) *Investigación e Innovación en la Enseñanza de las Ciencias*. Vol. II. Lleida: DM. 120-130.

DOMÍNGUEZ, J.M.; DE PRO, A.; GARCÍA-RODEJA, E. e ILLOBRE, M.A. (1998c). *Esquemas de conocimiento del alumnado de secundaria sobre la descripción termodinámica del sistema y su comportamiento*. Actas dos XVIII Encontros de Didáctica das Ciencias Experimentais. Coruña.

DOMÍNGUEZ, J.M. (2000). *Evolución de las formas de hacer y de pensar sobre un sistema material, en el marco de la Termodinámica y del Modelo de partículas. Estudio mediante esquemas de acción y de razonamiento*. Teses de Doutoramento. Departamento de Didáctica das Ciencias Experimentais. Universidade de Santiago de Compostela. Servicio de Publicaciones da USC.

DOMÍNGUEZ, J.M.; GARCÍA-RODEJA, E.; DE PRO, A. e ILLOBRE, M.A. (2001). Fundamentos para la planificación de una propuesta de enseñanza de

la E.S.O. cambios en un sistema material. *ADAXE. Revista de Estudios e Experiencias Educativas*. N° 17, 311-336.

DOMÍNGUEZ, J.M. y ALVAREZ PEREZ, V. (2001). La formación inicial de profesorado de Física y Química en Educación Secundaria, en la Universidad de Santiago de Compostela. *Revista Interuniversitaria de Formación de Profesorado*, N° 40, 81-96.

DOMÍNGUEZ CASTIÑEIRAS, J.M. y de PRO BUENO, A. (2006). *A metodoloxía ACAB. Unha proposta didáctica para o ensino-aprendizaxe das ciencias*. En Díaz de Bustamante, J. y Jiménez Aleixandre. *Perspectivas sobre al aprendizaxe das Ciencias e das Matemáticas. Estudos en Honor ao Profesor Eugenio García-Rodeja Fernández*. Departamento de Didáctica das Ciencias Experimentais. Unidixital. Servicio de edición dixital. Universidad de Santiago de Compostela.

DRIVER, R.; GUESNE, E. y TYBERGHEN, A. (1989). *Ideas científicas de la infancia y de la adolescencia*. Madrid: Morata/ MEC.

DRIVER, R.; SQUIRES, A.; RUSHWORTH, P. y WOOD-ROBINSON, V. (1994). *Making sense of secondary school*. Londres: Routledge.

DRIVER, R. y NEWTON, P. (2000). Establishing the norms of scientific argumentation in classrooms. *Science Education*, 84 (3), 287-312.

DUSCHL, R.A. (1995). Mas allá del conocimiento: los desafíos epistemológicos y sociales de la enseñanza mediante el cambio conceptual. *Enseñanza de las Ciencias*, 13(1), 3-14.

DUSCHL, R.A. (1997). *Renovar la Enseñanza de las Ciencias. Importancia de las teorías y su desarrollo*. Madrid: Narcea.

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

DUSCHL, R. A. y GITOMER, D. H. (1996). *Project Sepia Design Principles*. Paper presented at the annual meeting of AERA, New York, April, 1996.

EICHINGER, D.; ANDERSON, CH.; PALICSAR, A. y DAVID, Y. (1991). *An illustration of the Roles of content knowledge, Scientific Argument and social norms in collaborative Problem Solving*. Paper presented at the annual meeting of the American Educational Research Association, Chicago. Illinois.

EINSTEIN, A. y INFELD, L. (1986). *La evolución de la Física*. Editorial Salvat. Barcelona.

EIREXAS, F.; AGRASO, M.F.; JIMÉNEZ ALEIXANDRE, M.P. y DÍAZ DE BUSTAMANTE, J. (2005). Calidad en las justificaciones, uso de conceptos y

consistencia entre datos e inferencias en la toma de decisiones. Ponencia. Simposio *La Construcción del discurso científico socialmente contextualizado*. VII Congreso Internacional sobre Investigación en la Didáctica de las Ciencias. Educación científica para la ciudadanía. Granada, 7 al 10 de septiembre de 2005. *Enseñanza de las Ciencias. Número extra. Año 2005*.

EL POPULAR (2004a). Imponen premios y castigos para favorecer el ahorro de energía. *Diario local*. Olavarría, www.elpopular.com.ar, 29-04-04.

EL POPULAR (2004b). El sistema promete más castigos que premios. Algunos datos que sirven a la economía doméstica. *Diario local*. Olavarría, www.elpopular.com.ar, 09-05-04.

EL POPULAR (2006a). Coopelectric se prepara para generar electricidad. *Diario local*. Olavarría, www.elpopular.com.ar, 14-09-06.

EL POPULAR (2006b). La Técnica 2 continúa sin calefacción. *Diario local*. Olavarría, www.elpopular.com.ar, 24-06-06.

EL POPULAR (2006c). Una solución de emergencia. Provincia anunció la entrega de caloductos para escuelas con problemas de gas. *Diario local*. Olavarría, www.elpopular.com.ar, 01-06-06.

EL POPULAR (2007). Emergencia energética en Olavarría. Guía de Consumo. *Diario local*. Olavarría, www.elpopular.com.ar, 06-06-07.

ERICKSON, G. L. y TIBERGHIE, A. (1989). *Calor y Temperatura. El punto de vista científico*. En: Driver et al. *Ideas científicas en la infancia y en la adolescencia*. Madrid: MEC/Morata.

EYLER, N.; ROCHA, A.; ODETTI, H.; VILLARREAL, E.; GARCIA-RODEJA, E. y CASCARINI DE TORRE, L. (2003). Maestría en Didáctica de las Ciencias Experimentales: orígenes y logros. *Anuario Latinoamericano de Educación Química. Años XVII y XVIII*, 64-67. San Luis. Argentina.

FEDERICO AGRASO, M. y JIMÉNEZ ALEIXANDRE, Ma. P. (2005). Apropriación del discurso científico: niveles epistémicos en la justificación de enunciados sobre la evolución de la marea negra. Ponencia. Simposio *La Construcción del discurso científico socialmente contextualizado*. VII Congreso Internacional sobre Investigación en la Didáctica de las Ciencias. Educación científica para la ciudadanía. Granada, 7 al 10 de septiembre de 2005. *Enseñanza de las Ciencias. Número extra. Año 2005*.

FERNÁNDEZ GONZÁLEZ, J.; MARTÍN GONZÁLEZ, B. y MORENO JIMÉNEZ, T. (2005). Hacia una evolución de la concepción de analogía: aplicación al análisis de libros de texto. *Enseñanza de las Ciencias*, 23 (1), 33-44.

FURIO, C. y GUIASOLA, J. (1997). Deficiencias epistemológicas en la enseñanza habitual de los conceptos de campo y potencial eléctrico. *Enseñanza de las Ciencias*, 15 (2), 259-271.

FURIO, C. y GUIASOLA, J. (1998). Dificultades de aprendizaje de los conceptos de carga y de campo eléctrico en estudiantes de bachillerato y universidad. *Enseñanza de las Ciencias*, 16 (1), 131-146.

FURIÓ, C. y CARNICER, J. (2002). El desarrollo profesional del profesor de ciencias mediante tutorías de grupos cooperativos. Estudio de ocho casos. *Enseñanza de las Ciencias*, 20(1), 47-73.

GARCÍA BARROS, S. y MARTÍNEZ LOSADA, M.C. (2003). Enseñar a enseñar contenidos procedimentales es difícil. *Revista Interuniversitaria de Formación de Profesorado*, N° 46, 79-99

GARCÍA RODEJA, E.; LORENZO BARRAL, F. y DOMINGUEZ CASTIÑEIRAS, J. M. (1994). *Proyecto AcAb, Actividades Abiertas para una Enseñanza Integrada de la Física*. Santiago de Compostela: Servicio de Publicaciones de la Universidad da USC.

GARCÍA-RODEJA GALLOSO, I. (1997). ¿Qué propuestas de actividades hacen los libros de primaria? *Alambique*, 11, 35-43.

GARCÍA-RODEJA GALLOSO, I. y RIAL SÁNCHEZ, R. (1999). *El suelo y su dimensión ambiental en los libros de textos de secundaria. Análisis de contenido a través de herramientas de argumentación*. En: Martínez Losada, M.C. y García Barros, S. *La didáctica de las ciencias: tendencias actuales*. La Coruña. Servicio de publicaciones: Universidad de La Coruña, 615-625.

GARCÍA DE CAJÉN, S. B. y ROCHA, A. L. (2000). Buscando indicios de razonamiento en clases de ciencias a través del análisis de las estrategias didácticas propuestas por los docentes. *Actas de los XIX Encuentros de Didáctica de las Ciencias Experimentales*. Septiembre 2000. Madrid.

GARCÍA DE CAJÉN, S. B.; DOMÍNGUEZ CASTIÑEIRAS, J.M. y GARCÍA-RODEJA FERNANDEZ, E. (2001). Argumentación a partir de un problema auténtico sobre la transformación de la energía eléctrica en una resistencia. *ADAXE. Revista de Estudios e Experiencias Educativas*. N° 17, 165-190.

GARCÍA DE CAJÉN, S. B.; DOMINGUEZ CASTIÑEIRAS, J. M., GARCÍA RODEJA-FERNANDEZ, E. (2002). Razonamiento y argumentación en Ciencias. Diferentes puntos de vista en el Currículo Oficial. *Enseñanza de las Ciencias*. 20 (2).217-228.

GARCÍA DE CAJÉN, S. B. y DOMINGUEZ CASTIÑEIRAS, J. M. (2004). *Perfiles de argumentación de los libros de texto sobre la transformación de energía eléctrica en una resistencia óhmica*. Trabajo de investigación Tutelado de Estudios de Tercer Ciclo, inédito. Septiembre 2004. Departamento de

Didáctica das Ciencias Experimentais. Universidad de Santiago de Compostela.

GARCÍA DE CAJÉN, S. B. y DOMINGUEZ CASTIÑEIRAS (2005). Estrategias de argumentación de los textos sobre la transformación de energía eléctrica, a partir de las leyes de electricidad. Ponencia. Simposio *La Construcción del discurso científico socialmente contextualizado*. VII Congreso Internacional sobre Investigación en la Didáctica de las Ciencias. Educación científica para la ciudadanía. Granada, 7 al 10 de septiembre de 2005. *Enseñanza de las Ciencias. Número extra. Año 2005*.

GARCÍA DE CAJÉN, S. B. (2007a). Producción de conocimiento en la U.N.I.C.E.N sobre el perfil argumentativo en ciencias: currículo, profesores y libros de texto, en contexto de Provincia de Buenos Aires. *I Jornada de Enseñanza de las Ciencias de la Naturaleza "Las actividades de enseñanza y aprendizaje de las Ciencias de la Naturaleza"*, realizado en Escuela Nacional "Ernesto Sábato", de la Universidad Nacional del Centro. Agosto 2007. Tandil.

GARCÍA DE CAJÉN, S. B. (2007b). *Apaga una luz. Vinculación entre Crisis Energética, Cambio Climático y el uso de la tecnología actual*. Presentación multimedial, inédita. Grupo de Investigación en Didáctica de las Ciencias Experimentales. Facultad de Ingeniería. Universidad del Centro.

GIARDINELLI, M. (2006). *El papel del Estado en la producción de libros escolares. Dossier: El rol del Estado en la producción de Textos Escolares*. En: *Anales de la Educación Común. Filosofía política de la Enseñanza* Tercer siglo. Año 2. N° 3, pp.18. La Plata: Publicación de la Dirección General de Cultura y Educación de la Provincia de Buenos Aires.

GIERE, R.N. (1988). *Explaining Science: a cognitive approach*. Chicago: University of Chicago Press. En: Duschl, R.A. (1997). *Renovar la Enseñanza de las Ciencias. Importancia de las teorías y su desarrollo*. Madrid: Narcea.

GIERE, R.N. (1994). The cognitive structure of scientific theories. *Philosophy of Science*, 61, 276-296.

GIERE, R.N. (1999). Un nuevo marco para enseñar el razonamiento científico. *Enseñanza de las Ciencias*. Número Extra. 63-70

GODINO, J.D.; RECIO, A.M.; FRANCISCO RUIZ, R.R. y PAREJA, J.L (2006). Criterios de diseño y evaluación de situaciones didácticas basadas en el uso de medios informáticos para el estudio de las matemáticas. *Proyecto de Investigación "Edumat-Maestros"*. Universidad de Granada, n° 64. http://www.sinewton.org/numeros/numeros/64/investigación_01.pdf.

GOTT, R Y DUGGAN, S. (1995). *Investigative work in the science curriculum*. Buckingham-Philadelphia: Open University Press.

GUISASOLA, J.; MONTERO, A. y FERNÁNDEZ, M. (2005). Concepciones de futuros profesores de ciencias sobre un concepto “olvidado” en la enseñanza de la electricidad: *la fuerza electromotriz. Enseñanza de las Ciencias*, 23(1), 47-60.

HALLIDAY, D.; RESNICK, R. y KRANE, K. (1998). *Física* (Vol.2), 5ta. ed., México: Compañía Editorial Continental.

HEAD, J. (1985). *The personal Response to Science*. London: Cambridge University Press.

HEWITT, P. (1999). *Física Conceptual*. Tercera Edición. México: Addison Wesley Longman.

HIERREZUELO, J. y MONTERO, A. (1991). *La ciencia de los alumnos*. Málaga: Elzevir.

HODSON, D. (1988). *Filosofía de la Ciencia y Educación Científica*. En: Porlán, R.; García, J.E. y Cañal, P. (comp.), *Constructivismo y Enseñanza de las Ciencias*. Sevilla: Ed.Diada, 5-21.

HODSON, D. (1994). Hacia un enfoque más crítico del trabajo de laboratorio. *Enseñanza de las Ciencias*, 12 (3), 299-313.

HOGAN, K. (2000). *The form and Substance of Students' Collaborative Reasoning in the Domain of Ecology*. Paper presented at the Annual meeting of the National Association for Research in Science Teaching. New Orleans, April 2000.

IZQUIERDO, M. (2000). Hablar y escribir para aprender. *Actas de los XIX Encuentros de Didáctica de las Ciencias Experimentales*. Madrid. 17-29.

IZQUIERDO AYMERICH, M. (2005). Hacia una teoría de los contenidos escolares. *Enseñanza de las Ciencias*, 23(1), 111-122.

IZQUIERDO, M. y GRUPO de PROFESORES LIEC (2005). La función retórica de las narraciones en los libros de ciencias. VII Congreso Internacional sobre Investigación en la Didáctica de las Ciencias. Educación científica para la ciudadanía. Granada, 7 al 10 de septiembre de 2005. *Enseñanza de las Ciencias*. Número extra. Año 2005.

INSTITUTO TECNOLÓGICO Y DE ESTUDIOS SUPERIORES DE MONTERREY, (2007). *Aprendizaje Colaborativo. Las Estrategias y Técnicas didácticas en el rediseño*. Campo virtual del Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Monterrey. <http://www.sistema.itesm.mx/va/dide/inf-doc/estrategias/colaborativo.html>. 30-08-07.

JIMÉNEZ ALEIXANDRE, M^a.P.; BUGALLO-RODRIGUEZ, A. y DUSCHL, R. A., (1997). *Argument in high school genetics*. Paper presented at de meeting of the National Association for Research in Science Teaching. Chicago: IL.

JIMÉNEZ ALEIXANDRE, M^a.P. (1998). Diseño Curricular: Indagación y Razonamiento con el Lenguaje de las Ciencias. *Enseñanza de las Ciencias*, 16 (2), 203-216.

JIMENEZ ALEIXANDRE, M^a.P.; GARCÍA-RODEJA, I.; ALVAREZ PEREZ, V.; LAGO LESTÓN, J.M. y RIAL SÁNCHEZ, R. (1998). *La argumentación en los libros de texto de ciencias*. Ponencia en el Seminario "Comprensión y Producción de Textos Científicos". Aveiro, Portugal.

JIMÉNEZ, M^a.P.; BUGALLO, A. y DUSCHL, R. A. (2000). "Doing the Lesson" or " Doing Science": Argument in High School Genetics. *Science Education*, 84, 757-792.

JIMÉNEZ ALEIXANDRE, M^a.P. y LOPEZ RODRÍGUEZ, R. (2001). Designing a Field Code: environmental values in primary school. *Environmental Education Research*, 7 (1). 5-22

JIMÉNEZ ALEIXANDRE, M^a.P. y DÍAZ DE BUSTAMANTE, J. (2003). Discurso de aula y argumentación en la clase de ciencias: Cuestiones teóricas y metodológicas. *Enseñanza de las ciencias*, 21 (3), 359-370.

JIMÉNEZ ALEIXANDRE, M^a.P.; LAGO LESTÓN, J.M. y ALVAREZ PEREZ, V. (2005). La argumentación en los libros de ciencias. *Tarbiya: Revista de investigación e innovación educativa* Nº 36. 35-58.

JORBA, J. y SANMARTI, N. (1996). *El desarrollo de las habilidades cognitivo-lingüísticas en la enseñanza científica*. Seminario Despiegament curricular. ICE de la UAB. Septiembre 1996. Barcelona

JUNYENT PUBILL, M. y GELI de CIURANA, A. (2005). El prácticum en la Facultad de Educación y Psicología de la Universidad de Girona: análisis de su ambientación a la luz del modelo ACES. Comunicación. VII Congreso Internacional sobre Investigación en la Didáctica de las Ciencias. Educación científica para la ciudadanía. Granada, 7 al 10 de septiembre de 2005. *Enseñanza de las Ciencias. Número extra. Año 2005*.

KELLY, G. J. y CRAWFORD, T. (1997). An ethnographic investigation of the discourse processes of school science. *Science Education*, 81 (5), 533-559.

KELLY, G. J.; DRUKER, S. y CHEN, C. (1998). Students' reasoning about electricity: combining performance assessment with argumentation analysis. *Journal Science Education*, Vol.20; Nº 7, 849-871.

KESIDOU, S. y DUIT, R. (1993). Student's Conceptions of the Second Law of Thermodynamics - An Interpretive Study. *Journal of Research in Science Teaching*, 30 (1), 85-106.

KUHN, D.; AMSHEL, E. y O'LOUGHIN, M. (1988). The development of scientific thinking. *Science Education*, 77, 319-337. En: Carretero, M., *Construir y Enseñar las Ciencias Experimentales*, (1996), 209-247. Buenos Aires: Aique.

KUHN, D. (1989). Children and adults as intuitive scientists. *Psychological Review*, 96(4), 674-689. En: Carretero, M., *Construir y Enseñar las Ciencias Experimentales*, (1996), 209-247. Buenos Aires: Aique.

KUHN, D. (1993). Science as argument: Implications for teaching and learning Scientific thinking. *Science Education*, 77 (3), 319-337.

KUHN, D.; GARCÍA-MILÁ, M.; ZOHAR, A. y ANDERSEN, C. (1995). Strategies of Knowledge Acquisition. *Monographs of the Society for Research in Child Development*. 60 (4 Serial N° 245). Chicago: The University of Chicago Press. En: Jiménez Aleixandre, M. P. (1998). Diseño Curricular: Indagación y Razonamiento con el Lenguaje de las Ciencias, *Enseñanza de las Ciencias*, 16 (2), pp. 203-216.

LA NACIÓN (2005). Críticas al plan de ahorro de energía. Un sistema en crisis: repercusiones sobre el programa oficial PUREE. *Diario nacional*. Buenos Aires. 12-05-05, 18.

LAWSON, A. E. (1994). Uso de los ciclos de aprendizaje para la enseñanza de destrezas de razonamiento y de sistemas conceptuales. *Enseñanza de las Ciencias*. 12(2), 165-187.

LEE, O. y ANDERSON, C. W. (1993). Task engagement and conceptual change in middle school science classrooms. *American Educational Research Journal*. 30(3), 585-610. En: Duschl, R.A. (1995a). Mas allá del conocimiento: los desafíos epistemológicos y sociales de la enseñanza mediante el cambio conceptual. *Enseñanza de las Ciencias*, 13(1), 3-14.

LEMKE, J. L. (1997) *Aprender a hablar de ciencia: Lenguaje, aprendizaje y valores*. Barcelona: Paidós.

LEMKE, J. L. (2006). Investigar para el futuro en la educación científica: nuevas formas de aprender, nuevas formas de vivir. *Enseñanza de las Ciencias*, 24(1), 5-12.

LEVINE, I. N. (1995). *Fisicoquímica*. Madrid: McGraw-Hill.

LEY NACIONAL DE EDUCACIÓN N° 26.206. (2006). Senado y Cámara de Diputados de la Nación Argentina. Diciembre 2006. Buenos Aires

LEY PROVINCIAL N° 11.723 (1995). Protección, conservación, mejoramiento y restauración de los recursos naturales y del medio ambiente en general. *Senado y Cámara de Diputados de la Provincia de Buenos Aires*. 09-11-1995. La Plata.

LEY PROVINCIAL DE EDUCACIÓN N° 11612 (2007). *Senado y Cámara de Diputados de la Provincia de Buenos Aires*. Junio 2007. La Plata.

LONGINO, H. (1990). *Science as social Knowledge*. Princeton, NJ: Princeton University Press. En: Duschl, R. (1998), La valoración de argumentaciones y explicaciones: promover estrategias de retroalimentación, *Enseñanza de las Ciencias*, 16(1), 3-20.

LONGINO, H. (1994). The fate of knowledge in social theories of science, en Schimtt, F.F.. Socializing epistemology: The social dimensions of knowledge (pp. 135-158). Lanham, MD: Rowan and Littlefield. En: Duschl, R. (1998), La valoración de argumentaciones y explicaciones: promover estrategias de retroalimentación, *Enseñanza de las Ciencias*, 16(1), 3-20.

LÓPEZ RODRÍGUEZ, R. y JIMÉNEZ ALEIXANDRE, Ma.P. (2001). Qué tipo de educación ambiental concibe y ejecuta el profesorado. ¿Se hace la misma que se piensa? *ADAXE. Revista de Estudios e Experiencias Educativas*. N°17. 287-309.

MARTÍNEZ LOSADA, C. y GARCÍA BARROS, S. (2003). Las actividades de primaria y ESO, incluidas en libros de texto ¿Qué objetivos persiguen? ¿Qué procedimientos enseñan? *Enseñanza de las Ciencias*, 21(2), 243-259.

MATEU, M. (2005). Libros escolares para Ciencias Naturales en el Tercer Ciclo de la EGB. Ponencia. VII Congreso Internacional sobre Investigación en la Didáctica de las Ciencias. Educación científica para la ciudadanía. Granada, 7 al 10 de septiembre de 2005. *Enseñanza de las Ciencias. Número extra. Año 2005*.

MCE (Ministerio de Cultura y Educación de la Nación) (1995). *Contenidos Básicos para la Educación General Básica*. Buenos Aires, 113-168.

MCE (Ministerio de Cultura y Educación de la Nación) (1997a). *Contenidos Básicos para la Educación Polimodal*, Buenos Aires, 11-137 y 263-285.

MCE (Ministerio de Cultura y Educación de la Nación) (1997b). *Contenidos Básicos Comunes del Área de Ciencia Naturales en la Formación Docente de Grado para Nivel Inicial y Primer y Segundo Ciclo de E.G.B.* En *Contenidos Básicos Comunes para la Formación Docente de Grado*, Buenos Aires, 139-160.

MCE (Ministerio de Cultura y Educación de la Nación) (1997c). *Materiales de apoyo para la capacitación docente: E.G.B. Caracterización de los capítulos de los CBC*. Buenos Aires, 127-130.

MCE (Ministerio de Cultura y Educación de la Nación) (1998). *Contenidos Básicos Comunes del Campo de la Formación Docente* (Formación disciplinar específica: Profesor de Física para Tercer Ciclo de E.G.B. y Polimodal). Materiales de trabajo de los Contenidos Curriculares Básicos para la Formación Docente. Resolución 74/98. Buenos Aires

MCE (Ministerio de Cultura y Educación de la Nación) (2000). Una visión para la enseñanza de las Ciencias en Argentina. Documentos del *Primer Seminario Nacional de Fortalecimiento de Capacitadores. Área de Ciencias Naturales*. Agosto 2000. Buenos Aires.

MEHEUT, M. y CHOMAT, A. (1990). *The bounds of children's atomism: an attempt to make children build up a particulate model of matter*. En: Linjse, P.I.; Licht, P.; Vos, W. de; Waarlo, A.J. (eds.). *Relating Macroscopic Phenomena to Microscopic Particles. A central problem in secondary science education*. Utrech: Universidad de Utrech.

MELLADO, V. (1996). Concepciones y prácticas de aula de profesores de ciencias, en formación inicial, de primaria y secundaria. *Enseñanza de las Ciencias*, 14 (3), pp.398-302

MELLADO, V. (1998). La enseñanza de la energía en profesores de ciencias con distinta formación inicial. *Enseñanza de las Ciencias*, 11(3), 331-339.

MELLADO JIMÉNEZ, V. (2003). Cambio didáctico del profesorado de ciencias experimentales y filosofía de la ciencia. *Enseñanza de las Ciencias*, 21(3), 343-358.

MELLADO, V; RUIZ, C.; BERMEJO, M.L. y JIMÉNEZ, R. (2006). Contributions from the philosophy of science to the education of science teachers. *Science Education*, 15(5), 419-445.

MONEREO, C. (1997). *La construcción de conocimiento estratégico en el aula*. En Pérez, M.L. (Coord.). *La enseñanza y el aprendizaje de estrategias desde el curriculum*. 21-34. Barcelona: Horsori.

MONEREO, C. y CASTELLÓ, M. (1997). *Las estrategias de aprendizaje. Como incorporarlas a la práctica educativa*. Barcelona: Edebé.

MINICK, C. y ALVERMANN, D.E. (1994). *Una didáctica de las Ciencias. Procesos y aplicaciones*. Buenos Aires: Aique.

MORTIMER, E. (2004). ¿Cómo se aprenden los conceptos científicos en clases de ciencias?. El desarrollo de perfiles conceptuales como alternativa al modelo de cambio conceptual. *Revista de Educación en Biología*, 7(2), pp. 40-45.

NOVICK, S. y NUSBAUM, J. (1981). Pupils understanding of de particulate nature of matter: a cross-age study. *Science Education*, 65 (2), 187-196.

NÚÑEZ, P. y ESPEJO, C. (2004). *Estudio exploratorio acerca de la conceptualización del informe escrito en el ámbito académico.* En: Harvey, A., *En Torno al discurso: Contribuciones de América Latina.* Cap.3. *Discurso y Educación.* Santiago (Chile): Ediciones Universidad Católica de Chile. 135-148.

ODETTI, H.S. (2000) El diseño curricular de Ciencias Naturales para Tercer Ciclo de EGB. Santa Fe, Argentina. *ADAXE. Revista de Estudios e Experiencias Educativas*, 16, 145-162.

OSBORNE, R. y FREYBERG, P. (1991). *El aprendizaje de las ciencias: implicaciones de la ciencia de los alumnos.* Madrid: Narcea.

PACCA, J.P. de ALMEIDA y HENRIQUE, K.F. (2004). Dificultades y estrategias para la enseñanza del concepto de energía. *Enseñanza de las Ciencias*. 22 (1), 159-166.

PEA, R.D. (1993). Learning scientific concepts through material an social activities: Conversational analysis meets conceptual change. *Educational Psychologist*, 28(3), 265-277. En Duschl, R.A. (1995a). Mas allá del conocimiento: los desafíos epistemológicos y sociales de la enseñanza mediante el cambio conceptual. *Enseñanza de las Ciencias*, 13(1), 3-14.

PERALES PALACIOS, F.J. (2003). El nuevo Decreto de Mínimos sobre el Bachillerato de Ciencias: Una mirada hacia el pasado. *Alamabique*, N° 36, 11-14.

PERALES PALACIOS, F.J. (2007). Los nuevos contenidos de Ciencias de la Naturaleza en la Educación Secundaria Obligatoria: un absurdo retorno al pasado. *Asociación Española de Profesores e Investigadores en Didáctica de las Ciencias Experimentales.* <http://www.cica.es/aliens/apice/index.htm>. 20-08-07.

PEREZ ECHEVERRIA, M. P. y POZO, J. I. (1994). *Aprender a resolver problemas y resolver problemas para aprender.* En Pozo, J.I. (ed.) *Solución de problemas.* Madrid. Santillana/Aula XXI.

PÉREZ-LANDEZÁBAL, M.C., FAVIERES, A., MANRIQUE, M.J., VARELA, P. (1995). La energía como núcleo en el diseño curricular de la Física. *Enseñanza de las Ciencias*, 13 (1), 55-65.

PHILLIPS, D.C. (1998). *Coming to Grips With Radical Social Constructivisms.* En: Matthews (edc.), *Constructivism in Science Education. A Philosophical Examination.* 139-158. Dordrecht. The Netherlands: Kluwer Academic Publishers.

PONTECORVO, C. y ORSOLINI, M. (1992). Analizando los discursos de las prácticas alfabetizadoras desde la perspectiva de la teoría de la actividad. *Infancia y Aprendizaje*, 58. 125-141.

PONTECORVO, C. y GIRARDET, H. (1993). Arguing and reasoning in Understanding Historical Topics. *Cognition and Instruction*, 11(3 y 4), 365-395.

PONTES PEDRAJAS, A. (2000). Aprendizaje reflexivo y enseñanza de la energía: una propuesta metodológica. *Alambique*. N ° 25, 80-94.

PONTES, A. y De PRO, A (2001). Concepciones y razonamientos de expertos y aprendices sobre electrocinética: consecuencias para la enseñanza y la formación de profesores. *Enseñanza de las ciencias*. 19 (1), 103-121.

POZO, J. I. (1994). *Teorías cognitivas del aprendizaje*. Madrid: Morata.

POZO, J.I.; POSTIGO, Y. y GOMEZ, M.A. (1995). Aprendizaje de estrategias para la solución de problemas en ciencias, *Alambique*, 5, 16-26.

POZO, J.I. (1996). *Aprendices y maestros*. Madrid: Alianza/Psicología Minor.

POZO, J.I. y POSTIGO, Y. (1997). *Las estrategias de aprendizaje en las diferentes áreas del currículum*. En: Pérez, M.L. (Coord.). *La enseñanza y el aprendizaje de estrategias desde el currículum*. 83-100. Barcelona: Horsori.

POZO, J.I. y GÓMEZ CRESPO, M. A. (1998). *Aprender y enseñar ciencia*. Madrid: Morata.

PORLÁN, R., RIVERO, A. y MARTÍN, R. (1997). Conocimiento profesional y epistemología de los profesores 1: teoría, métodos e instrumentos. *Enseñanza de las Ciencias*, 15(2), 155-171.

PRADELLI, A. (2006). *Implicancias de la producción estatal de libros escolares. Dossier: El rol del Estado en la producción de Textos Escolares. Anales de la Educación Común. Filosofía política de la Enseñanza*. Tercer siglo. Año 2. N° 3, pp.19-20. La Plata: Publicación de la Dirección General de Cultura y Educación de la Provincia de Buenos Aires, Dirección Provincial de Planeamiento.

PRESCOTT, S. (1996). Cooperative Learning and College Teaching *Newsletter*, 6(2). En: Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Monterrey, (2007). *Aprendizaje Colaborativo. Las Estrategias y Técnicas didácticas en el rediseño*. <http://www.sistema.itesm.mx/va/dide/inf-doc/estrategias/colaborativo.html> 30-08-07

PRO, A. (1998). ¿Se pueden enseñar contenidos procedimentales en las clases de ciencias?. *Enseñanza de las Ciencias*, 16(1), 21-41.

PRO BUENO, A.; SAURA LLAMAS, O. y SÁNCHEZ BLANCO, G. (2000). ¿Qué actividades de enseñanza utilizan los profesores en formación inicial y los profesores en ejercicio cuando planifican unidades didácticas de ciencias?. *Investigación en la Escuela* (40), 23-37.

PRO BUENO, A. (2005). Perfil de la “Reforma LOGSE” y perfil de uso. Los proyectos curriculares de Física y Química en centros de Secundaria. Comunicación en VII Congreso Internacional sobre Investigación en la Didáctica de las Ciencias. Educación científica para la ciudadanía. Granada, 7 al 10 de septiembre de 2005. *Enseñanza de las Ciencias. Número extra. Año 2005*.

PRO BUENO, A. (2007a). Presentación de la monografía: Los nuevos currículos en la ESO. *Alambique*, Nº 53, 5-9.

PRO BUENO, A. (2007b). De la enseñanza de los conocimientos a la enseñanza de las competencias. *Alambique*, Nº 53, 10-21.

PUIGGRÓS, A. (2006a). *Formación ciudadana. Cuaderno de Trabajo N° 4*. Marzo 2006. La Plata: Dirección General de Cultura y Educación de la Provincia de Buenos Aires.

PUIGGRÓS, A. (2006b). *Una gestión de puertas abiertas*. Presentación Editorial. En: *Anales de la Educación Común. Filosofía política de la Enseñanza*. Tercer siglo. Año 2. Nº 3. La Plata: Publicación de la Dirección General de Cultura y Educación de la Provincia de Buenos Aires.

RED ELÉCTRICA DE ESPAÑA (2007). Demanda de energía eléctrica. www.ree.es. 01-02-07.

REIGOSA CASTRO, C.E. y JIMÉNEZ ALEIXANDRE, M.P. (2000). La cultura científica en la resolución de problemas en el laboratorio, *Enseñanza de las Ciencias*, 18 (2), 275-284.

REIGOSA CASTRO, C.E. (2002). *Discurso en el laboratorio durante la resolución de problemas de física y química: acciones, justificaciones, cultura científica y mediación*. Teses de Doutoramento. Inédita. Departamento de Didácticas das Ciências Experimentais. Universidad de Santiago de Compostela. Servicio de Publicaciones e Intercambio científico de USC.

ROCHA, A. y GARCIA, S. (1993). Formación de profesores y educación en la Argentina. *ADAXE. Revista de Estudios e Experiencias Educativas* 9, 125-142

RUSSELL, T.L. (1983). Analyzing arguments in science classroom discourse: Can teachers' questions distort scientific authority. *Journal of Research in Science Teaching*, 20 (1), 27-45.

SANMARTI, N. (1997). Enseñar a elaborar textos científicos en las clases de ciencias. *Alambique* N° 12, 51-61.

SARDÁ, A y SANMARTI, N. (2000). Enseñar argumentar científicamente: un reto de las clases de ciencias. *Enseñanza de las Ciencias*.18 (3), 405-422.

SCOTT, P. y MORTIMER, E. (2002). *Discursive activity on the social plane of high school science classrooms: a tool for analysing and planning teaching interactions*. Paper presented at the 2002 AERA. Annual Meeting, New Orleans. USA.

SEBASTIA, J. M. (1993). ¿Cual brilla más?: predicciones y reflexiones acerca del brillo de las bombillas, *Enseñanza de las Ciencias*, 11(1), 45-50.

SEVILLA SEGURA, C. (1994). Los procedimientos en el aprendizaje de la Física. *Enseñanza de las Ciencias*, 12(3), 400-405.

SHIPSTONE, D. (1989). Electricidad en circuitos simples. En: Driver, R.; Guesne, E. y Tyberghien, A. *Ideas científicas de la infancia y de la adolescencia*. Madrid: Morata/ MEC.

SLAVIN, R.E, (1987). Development and motivational perspectives on cooperative learning: A reconciliatio, *Child Development*, 58(5), 1161-1167. En: Carretero, M., *Construir y Enseñar las Ciencias Experimentales*, (1996), 209-247. Buenos Aires: Aique.

SLEZAK, P. (1998). *Sociology of Scientific Knowledge and Scientific Education: Part I*. En: Matthews (ed.), *Constructivism in Science Education. A Philosophical Examination*, 159-188. Dordrecht. The Netherlands: Kluwer Academic Publishers.

SOLBES, J. y TARIN, F. (1998). Algunas dificultades en torno a la conservación de la energía. *Enseñanza de las Ciencias*. 16(3), 387-397.

SOLBES, J. y VILCHES, A. (2004a). Papel de las relaciones CTSA en la formación de ciudadanía. *Enseñanza de las Ciencias*, 22(3), 337-348.

SOLBES, J. y TARÍN, F. (2004b). La conservación de la energía: Un principio de toda la Física. Una propuesta y unos resultados. *Enseñanza de las Ciencias*, 22 (2), 185-194.

SOLBES, J. y VILCHES, A. (2005). Preparación para la toma de decisiones y relaciones CTSA. Comunicación en VII Congreso Internacional sobre Investigación en la Didáctica de las Ciencias. Educación científica para la ciudadanía. Granada, 7 al 10 de septiembre de 2005. *Enseñanza de las Ciencias. Número extra. Año 2005*.

TOULMIN, S.E. (1977). *La comprensión humana. Vol I: El uso colectivo y la evolución de los conceptos.* Madrid. Alianza Editorial.

TOULMIN, S.E. (1995). *The uses of Argument.* Nueva York: Cambridge University Press. (1ra. ed., *The uses of Argument*, 1958).

TOULMIN, S.; RIEKE, R. y JANIK, A.(1979). *An introduction to reasoning.* New York: Macmillan Publishing Co.

VALCÁRCEL, M.V. y SÁNCHEZ, G. (2000). *La formación del profesorado en ejercicio.* En: Perales. F.J. y Cañal, P. (eds), *Didáctica de las Ciencias Experimentales*, Marfil, Alcoy, 557-581.

VARELA, P.; FAVIERES, A.; MANRIQUE, M^a.J. y PEREZ DE LANDAZABAL, M^o.C. (1993). *Iniciación a la Física en el marco de la teoría constructivista.* Madrid: CIDE.

VAZQUEZ BERNAL, B., JIMÉNEZ PÉREZ, R. y MELLADO JIMÉNEZ, V. (2007). La reflexión en profesoras de ciencias experimentales de enseñanza secundaria. Estudio de casos. *Enseñanza de las Ciencias.* 25(1), 73-90

VERGNAUD, G. (1997). *Aprendizajes y Didácticas ¿Qué hay de nuevo?.* Buenos Aires: Edicial.

VYGOTSKI, L.S (1986). *Pensamiento y Lenguaje.* Buenos Aires: La Pléyade.

YORE, L.D. (2001). *Authentic Practices in Science Discourse Communities: Implications for Language Arts Science Education.* Paper presentado a la Conference Science-Literacy at the University of Maryland. Baltimor County,

b) Relación de bibliografía consultada con producciones del Departamento de Formación en Estudios de Tercer Ciclo en USC

A manera de síntesis, se presenta una estadísticas que muestra la relación y el impacto que tiene sobre esta investigación, la consulta de producciones del Departamento de Formación en Estudios de Tercer Ciclo en USC. Relaciones que se representan en los siguientes Gráficos I y II.

Sobre un total de doscientas veintisiete (227) referencias bibliográficas, distinguimos ente aquellas que documentan sobre el Marco del Contexto (48), tales como documentos oficiales y material de divulgación, y aquellas que forman el Marco Teórico del estudio (179), referidas a publicaciones en revistas, libros y otras fuentes.

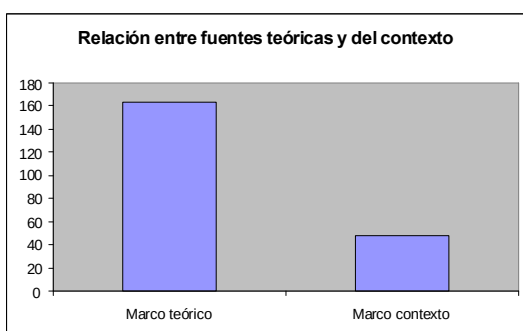


Gráfico I: Relación entre fuentes de Marco Teórico y Marco Contexto

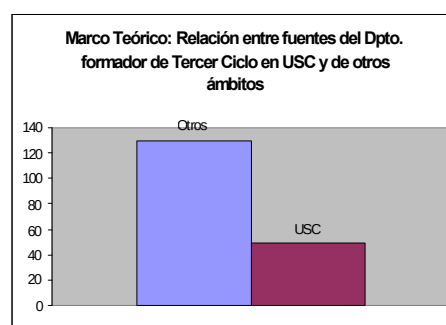


Gráfico II: Marco Teórico. La relación entre producciones de USC y otros ámbitos

De estas fuentes de Marco Teórico, se encuentra que cuarenta y nueve (49) son producciones vinculadas con el Departamento de Didáctica das Ciencias Experimentais, de la Facultad de Ciencias da Educação, Universidad de Santiago de Compostela. Departamento Formador en Estudios de Tercer Ciclo, de la autora de la presente memoria. En el conjunto de estas producciones se incorporan aquellas que vinculan el Convenio de investigación conjunta que tiene este Departamento de la USC con la Universidad del Litoral de Santa Fe y la Universidad del Centro de la Provincia de Buenos Aires.

Las producciones del Departamento han sido fundamentales para tomar respaldo en el estudio de currículo, formación de profesorado, libros de texto y la línea de argumentación en ciencias. También para inspirar el problema auténtico. Dando una idea sobre la importante y variada producción científica que el Departamento pone a disposición en la formación en Estudios de Tercer Ciclo.

ANEXO I

INFORMACIÓN SOBRE PROCEDIMIENTOS EN EL CURRÍCULO OFICIAL

1.1. Propósitos de enseñanza de contenidos procedimentales

Nivel de enseñanza		D.C.B	Propósitos de enseñanza
E G B	EGB1	MCE, 1995, pp. 164	1.Iniciación en estrategias de investigación exploratorias.
	EGB2	MCE, 1995, pp. 165	2.Iniciación en estrategias de investigación experimentales
	EGB3	MCE, 1995, pp. 165	3.Profundizar y ampliar el conocimiento de las estrategias de investigación exploratorias y experimentales.
Polimodal		MCE, 1997a, pp. 128	4.Planificar, desarrollar y analizar de modo crecientemente autónomo, distintos diseños de investigación que implique control de variables y tomar decisiones en base a argumentos y/o resultados experimentales. 5.Utilizar modelos para predecir fenómenos o resultados, y para elaborar y analizar conclusiones de investigaciones
F P C	de EGB1 y EGB2	MCE, 1997b, pp. 147 DGCE, 1999a, pp.9	.Desarrollar ciertas competencias requeridas para el estudio y la interpretación de la realidad natural, competencias que es necesario que posean para orientar eficazmente procesos de indagación en sus futuros alumnos y alumnas.
	de EGB3 y Polimodal	DGCE, 1999b, pp.32 MCE, 1998, pp. 27.	.Desarrollar ciertas competencias requeridas para el estudio y la interpretación de la realidad natural, competencias que es necesario que posean para orientar eficazmente procesos de indagación en sus futuros alumnos y alumnas. .Analizar y emplear los principales procedimientos generales involucrados en los procesos de investigación en Ciencias Naturales adecuados a instituciones y contextos diversos

Tabla 1.1: Propósitos de los Contenidos Procedimentales, B5, distintos niveles de enseñanza

I.2. Fundamentos de categorías procedimentales, en Bloque 5: procedimientos del Área

C1: Formulación de preguntas y de explicaciones provisorias
EGB Se sostiene que esta categoría se fundamenta en el carácter de exploración constante que poseen las ciencias. Señalando que aprender a formular preguntas o a plantear problemas es casi más importante que aprender a responderlos o solucionarlos. La formulación de preguntas supone poder: • Delimitar el campo sobre el que se preguntan las ciencias naturales. • Formular preguntas de un modo tal que sean susceptibles de comprobación. Para ello las preguntas deben posibilitar su puesta a prueba mediante cursos de acción. Las anticipaciones y las hipótesis son explicaciones provisorias y razonables sobre los fenómenos que se estudian y las observaciones que se realizan, orientan los procesos de búsqueda e investigación, se relacionan con los problemas a investigar y deben poder comprobarse. Mediante la formulación de hipótesis es posible: • Explicar observaciones o relaciones • Realizar predicciones relacionadas con principios o conceptos. Al anticipar soluciones a problemas, o a anticipar explicaciones, los niños comienzan a hipotetizar, lo cual es posible desde el 1er. Ciclo EGB. En EGB es importante que los niños tengan oportunidad de encontrar explicaciones provisorias para los fenómenos que estudian, que tengan la oportunidad de ponerlas a prueba, y comprender el lugar de las hipótesis en el proceso de producción de conocimientos. (MCE,1995, pp.137; DGCE, 1995, pp.174) Polimodal Se propone el planteo y el análisis de preguntas e hipótesis involucradas en investigaciones propias y realizadas por otras. Señalando que se debe delimitar el campo de investigación mediante la formulación de preguntas que planteen de modo claro los problemas a investigar. MCE (1997a, pp. 127). Por ejemplo, se considera importante que el nivel Polimodal, en modalidad Bienes y Servicios, se logre la identificación de problemas físicos factibles de ser abordados por consideraciones energéticas, planteen preguntas problematizadoras, formulen hipótesis, realicen predicción de fenómenos o resultados a partir de modelo y principios (DGCE, 1998c, pp.10).

Cuadro I.1: Fundamentos de C1, Formulación de preguntas y de explicaciones provisorias

C2: Selección, recolección y organización de la información
EGB En los fundamentos de esta categoría (MCE, 1995, pp.138; DGCE, 1995, pp.174). se considera que: La observación supone la <i>utilización de los sentidos</i> y es una actividad de tipo intelectual, pues <i>los observables se constituyen en tales desde el marco interpretativo del observador</i>, y que puede ser de tipo cualitativa o cuantitativa. El proceso de medición da como resultado una franja y no un valor único. La recuperación de la información debe realizarse utilizando diferentes fuentes de información siendo conveniente la confrontación entre diversas fuentes. La recolección y organización de la información se los concibe como facilitadores de análisis e interpretación de la información, constituyendo también recursos útiles para la comunicación Polimodal En el nivel Polimodal se modifica parcialmente el nombre de C2, <i>La selección, recolección y registro organizado de la información</i>. Se incorpora el análisis y la evaluación de distintas fuentes, propone el análisis del proceso de observación llevado a cabo en las investigaciones escolares, el trabajo con el concepto de error y su estimación. Se recupera información mediante el análisis de experimentos históricos contextualizados en el marco social y cultural en los que fueron realizados. Respecto al registro y organización de la información se vincula con contenidos de matemática (tabulaciones y gráficos) (MCE, 1997a, pp. 127; DGCE, 1998, pp. 10).

Cuadro I.2: Fundamentos de C2, Selección, recolección y organización de la información

C3: Interpretación de la información
EGB En los fundamentos de esta categoría se considera que: <i>La interpretación de la información atraviesa todo el proceso de producción de conocimiento: en la observación se interpreta, en la elaboración de conclusiones se interpreta.</i> <i>La interpretación supone establecer relaciones entre diversos aspectos de la información obtenida y elaborar algo de todo ello.</i> <i>La interpretación debe apoyarse en los datos y referirse a las experiencias que se llevan a cabo.</i> <i>En el proceso de interpretación de la información, es esperable que los alumnos/as puedan: a) Diferenciar las conclusiones que se ajustan a las pruebas disponibles de aquellas que son inferencias que trascienden a dichas pruebas.; b) evitar la tendencia a generalizar las conclusiones obtenidas en una situación determinada; c) contrastar las conclusiones parciales con modelos o teorías explicativas más amplias.</i> <i>La búsqueda de modelos es un contenido procedimental central para interpretar la información que se trabaja (MCE, 1995, pp.139; DGCE, 1995, pG174).</i> Polimodal Se señala la importancia de: <i>Discutir las interpretaciones y analizar la pertinencia de las mismas de modo de evitar generalizaciones acríticas;</i> Comparar las conclusiones parciales que resultan del trabajo de investigación escolar, con modelos o teorías explicativas más amplias. Se trabaja el <i>análisis y la elaboración de modelos</i> y se los toma como referentes para formular hipótesis, para anticipar resultados, interpretar situaciones y cotejar conclusiones (MCE, 1997a, 127; DGCE, 1998c, pp.10).

Cuadro I.3: Fundamentos de C3, Interpretación de la información

C4: Diseño de investigaciones escolares
EGB Se considera (MCE, 1995, pp. 140; DGCE, 1995, pp. 174) que esta categoría: <i>Remite a la planificación de investigaciones exploratorias o experimentales y supone la posibilidad de anticipar el desarrollo de una estrategia de investigación en el contexto del problema o situación a resolver.</i> Los diseños exploratorios se centran en la búsqueda de similitudes y diferencias, pero no aíslan variables dependientes e independientes. Se los considera como un camino que posibilita la construcción del conocimiento en interacción con la experimentación en un sentido amplio. Los diseños experimentales, sí aíslan las variables dependiente e independiente y se controlan las otras que intervienen en el fenómeno. Para planificar estos diseños es necesario: 1) Hacer una enunciación del problema en términos operacionales; 2) señalar las variables a estudiar Polimodal Se indica (MCE, 1997a, 128; DGCE, 1998c, pG10) que implica: <i>El diseño, realización y evaluación de proyectos de investigación escolar para resolver problemas de estudio, con mayor autonomía que en E.G.B.</i> El análisis de diferentes tipos de investigaciones y de las relaciones que los diseños tienen con el tipo de problema que abordan. La evaluación de la pertinencia de procesos, materiales y/o aparatos a utilizar en la investigación.

Cuadro I.4: Fundamentos de C4, Diseño de investigaciones escolares

C5: Comunicación
EGB Se considera (MCE, 1995, pp. 140; DGCE, 1995, pp. 174) que la <i>Comunicación</i> es un proceso que: <i>Atraviesa todo el proceso de construcción de conocimientos, el cual es colectivo.</i> Utiliza diferentes recursos: a) comunicaciones escritas, b) comunicaciones orales, c) trabajo grupal, d) análisis de experimentos históricos, registro gráficos, exposición oral, etc. <i>Involucra el manejo y la comprensión de un vocabulario específico de las ciencias naturales, mediante el cual se intercambian y construyen significados.</i> <i>Implica colaboración e intercambio con otros grupos o equipos que se hallen investigando sobre el mismo problema.</i> Polimodal Se indica la comunicación supone la elaboración de pautas para redactar informes, artículos, la presentación y <i>discusión de proyectos de investigación</i>, la exposición de resultados, entre otros. Y se señala la importancia de <i>profundizar habilidades comunicativas requeridas para el trabajo grupal, consistentes en escuchar al otro, hacerse escuchar, confrontar de modo coherente sobre la base de información relevante y establecer comunicación con todos los miembros</i> (MCE, 1997a, 127; DGCE, 1998c, pG10).

Cuadro I.5: Fundamentos de C5, Comunicación

1.3. Contenidos procedimentales de categorías del Bloque 5: procedimientos de investigación escolar

Nivel enseñanza		DCB	Contenidos procedimentales
			C1: Formulación de preguntas y de explicaciones provisionarias
EGB	EGB1	MCE, 1995, pp. 164	Identificación de preguntas que orientan las exploraciones Formulación de anticipaciones que den cuenta de las cuestiones a investigar Establecimiento de relaciones entre anticipaciones y resultados de experiencias
	EGB2	MCE, 1995, pp. 165	Planteo y replanteo de preguntas para poder someterlas a prueba Identificación de las exploraciones provisionarias que orientan los trabajos de investigación escolar Análisis del lugar de las hipótesis en los trabajos de investigación
	EGB3	MCE, 1995, pp. 165	Identificación de preguntas que corresponden al campo de las ciencias naturales Reconocimiento de la posibilidad de formular diferentes explicaciones provisionarias sobre un mismo hecho
Polimodal		MCE, 1997a, pp. 129	Formulación de hipótesis, predicción de fenómenos o resultados a partir de modelos Identificación de problemas y planteo de preguntas problematizadoras
FPC	EGB1 y EGB2	MCE, 1997b, pp. 150	
	EGB3 y POL	MCE, 1998, pp. 26	

Tabla 1.2: Procedimientos de C1, Formulación de preguntas y de explicaciones provisionarias, en B5

Nivel enseñanza		DCB	Contenidos procedimentales
			C2: Selección, recolección y organización de la información
EGB	EGB1	MCE, 1995, pp. 166	Identificación de los propósitos que orientan las diferentes observaciones Uso de guías de observación sencillas aportadas por el docente. Uso de las unidades de medida. Uso de instrumentos de medición sencillos Recuperación de información en textos sencillos y videos aportados por el docente Uso de técnicas sencillas para el registro y la organización de la información
	EGB2	MCE, 1995, pp. 167	Búsqueda en las observaciones de las pautas que puedan existir Elaboración con ayuda del docente de guías de observación Uso del Sistema Internacional de Unidades Utilización de instrumentos tales como balanzas, dinamómetros, termómetros, probetas, lupas, binoculares Identificación de fuentes de error e incertezas de las mediciones Selección de textos informativos con ayuda del docente Selección de información de videos Utilización de software educativo Utilización de diagramas de barras y cuadros de triple entrada
	EGB3	MCE, 1995, pp. 167	Selección en la información de lo relevante de lo irrelevante en el contexto de una determinada investigación escolar Distinción de lo observable, de la inferencia de lo observado Uso del Sistema Internacional de Unidades Utilización de instrumentos tales como amperímetros, voltímetros Estimación de errores e incertezas en las mediciones Lectura y análisis de experimentos históricos Identificación de diferentes tipos de textos Utilización de software educativo Utilización de diagramas de barras y/o de sectores
Polimodal		MCE, 1997a, pp. 129	Organización de información de diferentes fuentes y selección de los datos apropiados Identificación de fuentes de error y de validez de resultados experimentales
FPC	EGB1 y EGB2	MCE, 1997b (pp. 150)	
	EGB3 y POL	MCE, 1998 (pp. 26)	

Tabla 1.3: Procedimientos de C2, Selección, recolección y organización de la información, en B5

Nivel enseñanza		DCB	Contenidos procedimentales de la categoría C3: Interpretación de Información
E G B	EGB1	MCE, 1995, pp. 164	Reconocimiento de diferencias entre objetos o hechos semejantes Reconocimiento de semejanzas entre objetos o hechos diferentes Predicción de comportamientos en base a resultados de exploraciones realizadas
	EGB2	MCE, 1995, pp. 165	Integración de diversos aspectos de la información (procedentes de observaciones directas o de fuentes secundarias) e inferir algo de ellos Uso de pautas o relaciones de la información, medidas u observaciones para hacer predicciones Identificación de tendencias o relaciones en la información
	EGB3	MCE, 1995, pp. 165	Diferenciación de conclusiones que se ajustan a evidencias de inferencias que van más allá de las evidencias Predicción de comportamientos a partir del análisis de gráficos y de procesos Elaboración de Modelos y análisis de la pertinencia de los mismos
Polimodal		MCE, 1997a, pp. 129	Análisis e interpretación de situaciones a partir de principios o modelos Evaluación de la pertinencia de procesos, materiales y/o aparatos a emplear en la investigación
F P C	EGB1 y EGB2	MCE, 1998, pp. 26; 1997b, pp. 150	Análisis e interpretación de situaciones a partir de principios o modelos Evaluación de la pertinencia de procesos, materiales y/o aparatos a emplear en la investigación
	EGB3 y POL	DGCE, 1999b, pp.33.	Comparación de diferentes teorías y modelos Análisis crítico y contextualizado de cada teoría o modelo en un marco sociocultural

Tabla I.4: Procedimientos de C3, Interpretación de Información, en B5

Nivel enseñanza		DCB	Contenidos procedimentales de la categoría C4: Diseño de investigaciones escolares
E G B	EGB1	MCE, 1995, pp. 166	Diseño con ayuda del maestro de exploraciones sencillas indicando los propósitos, las actividades a desarrollar y los recursos materiales necesarios
	EGB2	MCE, 1995, pp. 167	Planificación de investigaciones exploratorias sencillas de modo autónomo Diseño con ayuda del maestro de experimentaciones sencillas en las que se aislan las variables a investigar Identificación de diseños experimentales aportados por el docente de: problema, hipótesis y las variables que se investigan
	EGB3	MCE, 1995, pp. 167	Planificación de investigaciones experimentales sencillas con ayuda del docente y/o de modo autónomo Determinación de las variables a controlar en una determinada investigación
Polimodal		MCE, 1997a, pp. 129	Análisis, planificación y realización de proyectos de investigación escolar
F P C	EGB1 y EGB2	MCE, 1997b (pp. 150)	
	EGB3 y POL	MCE, 1998 (pp. 26)	

Tabla I.5: Procedimientos de C4: Diseño de investigaciones escolares, B5

Nivel enseñanza		DCB	Contenidos procedimentales C5: Comunicación
EGB	EGB1	MCE, 1995, pp. 166	<i>Escucha de las ideas de los demás y respuestas a ellas</i> <i>Uso de la escritura o lenguaje como medios para manifestar ideas o relacionar unas con otras</i>
	EGB2	MCE, 1995, pp. 167	<i>Confrontación de ideas en pequeños grupos de discusión</i> <i>Uso de diferentes recursos comunicativos</i> <i>Elaboración de informes de investigación con ayuda del docente</i> <i>Análisis de los informes de investigación que se elaboran</i>
	EGB3	MCE, 1995, pp. 167	<i>Elaboración de informes de investigación de modo autónomo</i> <i>Análisis de la pertinencia de diferentes recursos comunicativos de acuerdo a su finalidad</i>
Polimodal		MCE, 1997a, pp. 129	<i>Presentación y discusión de proyectos de investigación y de resultados de los mismos</i> <i>Selección de diferentes medios para la comunicación de información</i>
FPC	EGB1 y EGB2	MCE, 1998	
	EGB3 y POL		

Tabla I.6: Procedimientos de C5, Comunicación, en B5

I.4. Contenidos procedimentales en Bloques Disciplinarios (B1-4), EGB y Polimodal.

Nota: Proceso de categorización aplicado sobre la información vaciada

- ✓ Con subrayado procedimientos que corresponden a C3, *Interpretación de la Información*, según B5. Luego, se los agrupa por tipo de proceso cognitivo que demanda (Ej. G1: *clasificación*, G2: *comparación*,...G10: *interpretación de escalas*)
- ✓ **C**: resultado de categorización de procedimientos disciplinares, según categorías de B5
- ✓ **G**: grupos de procedimientos disciplinares de *C3: Interpretación de la información*

I.4.a. BLOQUE 1: LA VIDA Y SUS PROPIEDADES

Núcleos temáticos (NT):

- a) los organismos; b) el organismo humano; c) los organismos, las interacciones entre sí y con el ambiente; d) La vida, continuidad y cambio; e) Las células y las bases físicas y químicas de la vida

NT	Procedimientos del B1: LA VIDA Y SUS PROPIEDADES, EGB1	C	G
a)	Observación y registro sistemático del crecimiento de plantas y del comportamiento ante la luz y el agua	C2	
	Observación y registro sistemático del comportamiento de animales	C2	
	<u>Clasificación</u> de plantas y animales de acuerdo con rasgos comunes	C3	G1
	<u>Diseño, construcción y mantenimiento de terrarios y acuarios.</u>	C4	
	Manejo de instrumentos sencillos para la observación de animales y plantas	C2	
	Comunicación de los resultados mediante informes sencillos	C5	
b)	<u>Recolección, registro e interpretación</u> de información sobre rasgos corporales	C2; C3	G5
	<u>Observación y comparación</u> de cambios corporales (talla, peso, dentición, etc)	C2; C3	G2
	Recolección y registro de datos en cuadros simples	C2	
c)	Planificación y desarrollo de salidas de campo	C4	
	Construcción de modelos de ambientes acuáticos y terrestres	C4	
	<u>Elaboración</u> de modelos de organismos terrestres y acuáticos	C3	G3
	Comunicación de resultados mediante afiches, murales, maquetas, que representen los ambientes estudiados	C5	
d)	<u>Clasificación</u> de frutos y semillas de acuerdo con características morfológicas observables	C3	G1
	Observación, <u>análisis y comparación</u> del crecimiento de plantas y animales	C2; C3	G6, G2
e)	<u>Observación y comparación</u> de seres vivos y no vivos	C2; C3	G2

Tabla I.7: Procedimientos del B1: LA VIDA Y SUS PROPIEDADES, EGB1. Categorización y grupos en C3

NT	Procedimientos del B1: LA VIDA Y SUS PROPIEDADES, EGB2	C	G
a)	Planificación y desarrollo de exploraciones para determinar la presencia de almidón, clorofila y otras sustancias en vegetales	C4	
	Observación y registro sistemático del comportamiento de animales	C2	
	Planificación y desarrollo de experimentos sobre el comportamiento animal, iniciando en control de variables	C4	
	Comunicación de los resultados mediante informes sencillos	C5	
b)	Elaboración y análisis de modelos de órganos	C3	G3
	Exploración y experimentación sobre el funcionamiento de los sentidos	C2	
	Registro y organización de la información en cuadros de doble entrada y diagrama de barras	C2	
c)	Observación, registro y comparación de interacciones entre organismos	C2; C3	G2
	Recuperación de información bibliográfica, de videos u otros medios audiovisuales	C2	
	Comunicación de resultados mediante informes u otros medios empleando gráficas, tablas, esquemas conceptuales	C5	
d)	Disección de frutos, semillas y flores	C2	
	Recuperación de información sobre reproducción, crecimiento y desarrollo de plantas y animales en bibliografía, videos, etc.	C2	
	Salidas de campo para observar y registrar comportamiento reproductivo en animales	C2	
e)	Elaboración de preparados para observar al microscopio	C4	
	Observación, registro y descripción de similitudes y diferencias en células vegetales y animales	C2; C5	
	Observación, registro controlado y análisis de las variables que intervienen en el proceso de reproducción de levaduras	C2; C3	G7

Tabla I.8: Procedimientos del B1: LA VIDA Y SUS PROPIEDADES, EGB2. Categorización y grupos en C3

NT	Procedimientos del B1: LA VIDA Y SUS PROPIEDADES, EGB3	C	G
a)	Planificación y desarrollo de diseños experimentales sobre el intercambio gaseoso en vegetales (respiración y fotosíntesis) y en los otros organismos estudiados en el ciclo.	C4	
	Análisis de experimentos históricos sobre el intercambio gaseoso en vegetales	C2	
	Lectura de material de divulgación científica	C2	
	Manejo del microscopio	C2	
	Elaboración de preparados para observar al microscopio	C4	
	Preparación y uso de medios de cultivo de microorganismos	C4	
	Comunicación de los resultados mediante informes sencillos	C5	
b)	Formulación de problemas, diseño y desarrollo de exploraciones y experimentaciones referidas al funcionamiento de los sistemas estudiados	C1; C4	
	Elaboración y análisis de modelos de diferentes sistemas	C3	G3
	Recuperación y análisis de información bibliográfica, de video y fotográfica	C2; C3	G5
	Comunicación de la información mediante informes escritos u otros medios	C5	
c)	Observación, registro y análisis de variables de estudio en trabajos de campo	C2; C3	G7
	Elaboración e interpretación de gráficas de población a partir de datos de obtención directa	C2; C3	G8
	Recuperación de información de artículos de divulgación, videos, software	C2	
d)	Recuperación y análisis de información de material fotográfico y audiovisual	C2; C3	G5
	Recuperación de información aportada por investigadores a través de entrevistas y/o cuestionarios	C2	
	Planificación y realización de observaciones y experimentos sobre la reproducción en algas, mohos y bacterias	C4; C2	
	Lectura y análisis de experimentos históricos	C2	
e)	Elaboración de caldos de cultivo y análisis del material obtenidos por siembra	C4; C3	G6
	Planificación, desarrollo y análisis de experimentos sencillos para probar la actividad enzimática	C4; C3	G6
	Diseño y ejecución de experimentos sobre permeabilidad	C4	

Tabla I.9: Procedimientos del B1: LA VIDA Y SUS PROPIEDADES, EGB3. Categorización y grupos en C3

Procedimientos del BLOQUE 1: LA VIDA Y SUS PROPIEDADES, Polimodal	C	G
Diseño y/o análisis de experimentos acerca de procesos fisiológicos humanos	C4; C3	G6
Recuperación y análisis de información aportada por material de divulgación científica, material bibliográfico, videos, encuestas, entrevistas, referidas a las temáticas abordadas en el bloque	C2; C3	G5
Diseño y desarrollo de trabajos de campo relacionados con problemáticas de la salud	C4	
Observación, registro e interpretación de información recuperada de preparados celulares de diferente tipo y fotomicrografías	C2; C2; C3	G5
Análisis de resultados de experimentos originales de biología	C3	G6

Tabla I.10: Procedimientos del B1: LA VIDA Y SUS PROPIEDADES, Polimodal. Categorización y grupos C3

I.4.b. BLOQUE 2: MUNDO FÍSICO

Núcleos temáticos (NT): a) Fuerzas y movimiento; b) Electricidad y magnetismo; c) Oscilaciones y ondas. Luz y sonido; d) Fenómenos térmicos y cambio de estado; e) El Planeta Tierra y el Universo

NT	Procedimientos del BLOQUE 2: MUNDO FÍSICO, EGB1	C	G
a)	Observación, registro y comparación de distintos desplazamientos	C2; C3	G2
	Graficación de circuitos de recorrida	C2	
	Estimación y medición de distancias, tiempos	C2	
	Elaboración de informes sencillos para la comunicación de resultados	C5	
	Representación gráfica de distintas trayectorias	C2	
b)	Exploración de características de los imanes y comportamiento de los polos	C2	
	Observación y registro de comportamiento de materiales conductores y aislantes	C2	
c)	Diseño y construcción de instrumentos musicales	C4	
	Clasificación de sonidos	C3	G1
	Producción de sombras	C2	
	Exploración de luces, sombras, medios difusores, transparentes y opacos	C2	
	Representación gráfica de trayectorias seguidas por la luz	C2	
d)	Clasificación de materiales en conductores y aislantes	C3	G1
	Observación, registro y descripción de cambios de estado en diferentes sustancias	C2; C5	
e)	Observación del cielo y registro de sus características	C2	
	Recuperación de información videográfica	C2	
	Comunicación de información mediante murales y maquetas	C5	

Tabla I.11: Procedimientos del BLOQUE 2: MUNDO FÍSICO, EGB1. Categorización y grupos en C3

NT	Procedimientos del BLOQUE 2: MUNDO FÍSICO, EGB2	C	G
a)	Anticipación, observación e interpretación de la caída libre de diferentes objetos	C1; C2; C3	G6
	Medición de velocidades y masas	C2	
	Observación, registro e interpretación de características de movimientos efectuados sobre planos inclinados	C2; C3	G6
	Elaboración e interpretación de gráficos de organización de la información	C3; C3	G8
b)	Diseño de experiencias para probar electricidad estática por frotación	C4	
	Diseño, construcción y exploración del funcionamiento de brújulas	C4; C2	
	Análisis de sistemas de referencia y convenciones (cargas positivas y negativas)	C3	G4
	Diseño, construcción y análisis del funcionamiento de circuitos eléctricos simples: en serie y en paralelo	C4; C3	G9
c)	Exploración de la propagación del sonido en distintos medios	C2	
	Análisis del funcionamiento de un estetoscopio y uso del mismo	C3; C2	G9
	Exploración de la reflexión de rayos de luz en espejos	C2	
	Diseño, construcción y análisis del funcionamiento de periscopios	C4; C3	G9
	Exploración de la descomposición de la luz a través de prismas	C2	
d)	Observación y registro del flujo de calor	C2	
	Observación, registro e interpretación de experiencias de dilatación de los cuerpos	C2; C3	G6
	Medición de temperaturas de cambios de estado	C2	
e)	Observación, registro e interpretación de características del cielo de día y de noche	C2; C3	G6
	Construcción y análisis de modelos de sistema planetario	C3	G3

Tabla I.12: Procedimientos del BLOQUE 2: MUNDO FÍSICO, EGB2. Categorización y grupos en C3

NT	Procedimientos del BLOQUE 2: MUNDO FÍSICO, EGB3	C	G
a)	Exploración del centro de gravedad de diferentes objetos	C2	
	Observación, registro y control de variables que intervienen en el movimiento pendular	C2	
	Lectura y análisis de experimentos históricos	C2	
b)	Diseño, construcción y <u>análisis</u> del funcionamiento de aparatos simples (timbres, parlantes)	C4; C3	G9
	Diseño y ejecución de exploraciones de efectos de campos magnéticos variables sobre circuitos eléctricos (<u>leyes de inducción</u>)	C4; C2	
	Observación y <u>análisis</u> del funcionamiento de transformadores, generadores y motores eléctricos, radio y televisión	C2; C3	G9
c)	Diseño y ejecución de experimentos sobre acústica de diferentes ambientes	C4	
	Producción de resonancias y representación del fenómeno en modelos gráficos	C2	
	Construcción y uso de instrumentos ópticos sencillos	C2	
	Recuperación de información de material de divulgación sobre reflexión total. Fibras ópticas	C2	
	<u>Comparación</u> de difracción e interferencia en luz con experiencias análogas en sonido	C3	G2
	Uso de redes de difracción	C2	
d)	<u>Interpretación</u> de escalas de temperatura y traducción de unas u otras	C3	G10
	Diseño y desarrollo de experimentos para medir la pérdida de calor por radiación	C4	
e)	Observación del cielo con telescopio	C2	
	Representación de observaciones	C2	
	<u>Análisis</u> de modelos históricos de sistemas planetario	C3	G3
	Recuperación de información en material de divulgación	C2	
	<u>Análisis</u> de escalas de distancia astronómicas	C3	G10

Tabla I.13: Procedimientos del BLOQUE 2: MUNDO FÍSICO, EGB3. Categorización y grupos en C3

Procedimientos del BLOQUE 2: MUNDO FÍSICO, Polimodal	C	G
Diseño y realización de experimentos acerca de procesos de conversión, almacenamiento y flujos de <u>energía</u>	C4	
Análisis de funcionamiento de objetos tecnológicos y sistemas naturales que involucren fenómenos térmicos, ondulatorios, gravitatorios, electromagnéticos, etc.	C3	G9
<u>Análisis</u> del funcionamiento de circuitos eléctricos	C3	G9
Búsqueda e interpretación de información referida a temas tales como utilización de la energía y preservación del ambiente, semiconductores y aplicaciones de la espectroscopia.	C2; C3	G5

Tabla I.14: Procedimientos del BLOQUE 2: MUNDO FÍSICO, Polimodal. Categorización y grupos en C3

1.4.c. BLOQUE 3: ESTRUCTURA Y CAMBIOS DE LA MATERIA

Núcleos temáticos (NT): a) Estructura de la materia; b) transformaciones y reacciones químicas; c) Recursos naturales y ambiente

NT	Procedimientos del BLOQUE 3: ESTRUCTURA Y CAMBIOS DE LA MATERIA, EGB1	C	G
a)	Diseño y utilización de métodos sencillos de separación (colar, filtrar, tamizar, evaporar)	C4	
	Producción y <u>análisis</u> de sistemas multicomponentes de la vida cotidiana: salmuera, mayonesa, tintas, pinturas	C4; C3	G4
	Comunicación de resultados mediante informes sencillos u otras técnicas	C5	
b)	Observación, registro y <u>comparación</u> de efectos simples de blanqueadores, disolventes, etc.	C2; C3	G2
	Comunicación de resultados mediante informes sencillos u otros medios	C5	
	Selección de materiales de laboratorio de acuerdo con las necesidades de la experiencia a realizar	C4	
c)	Observación, registro y <u>comparación</u> de propiedades de materiales	C2; C3	G2
	Selección de materiales según sus propiedades y de acuerdo con la necesidad de usarlos	C4	

Tabla I.15: Procedimientos del BLOQUE 3: ESTRUCTURA Y CAMBIOS DE LA MATERIA, EGB. Categorización y grupos en C3

NT	Procedimientos del BLOQUE 3: ESTRUCTURA Y CAMBIOS DE LA MATERIA, EGB2	C	G
a)	Elaboración de indicadores a partir de sustancias familiares (jugo de remolacha, repollo colorado)	C4	
	Uso de indicadores para medir acidez y alcalinidad	C2	
	Observación y control de variables en el proceso de cristalización de sales en solución	C2	
	Comunicación de resultados mediante informes sencillos u otras técnicas	C5	
b)	Diseño, ejecución e <u>interpretación</u> de experimentos sobre combustión	C4; C3	G6
	Uso de probetas, pipetas y otro tipo de recipientes que permitan efectuar mediciones	C2	
	Utilización de reactivos que permitan reconocer la presencia de gases	C2	
	Utilización de mecheros, pinzas, etc.	C2	
	Selección de material de laboratorio según necesidades del experimento a realizar	C2	
c)	<u>Análisis</u> de procesos de manufacturas sencillas	C3	G9
	Visita y descripción a través de maquetas e informes, de plantas de tratamiento de aguas y basura	C2; C5	
	Fabricación de compuestos y <u>análisis</u> del proceso de producción del mismo	C4; C3	G9

Tabla I.16: Procedimientos del BLOQUE 3: ESTRUCTURA Y CAMBIOS DE LA MATERIA, EGB2. Categorización y grupos en C3

NT	Procedimientos del BLOQUE 3: ESTRUCTURA Y CAMBIOS DE LA MATERIA, EGB3	C	G
a)	Medición de la acidez del suelo	C2	
	Observación, registro y <u>análisis</u> del proceso de electrólisis	C2; C3	G9
	Diseño, construcción y <u>análisis</u> de pilas	C4; C3	G9
b)	Observación, registro e <u>interpretación</u> de reacciones endotérmicas y exotérmicas	C2; C3	G6
	Medición de masa en balanzas	C2	
	<u>Identificación y análisis</u> del proceso de transferencia de energía de las reacciones químicas	C3	G9
	Representación de ecuaciones químicas sencillas	C2	
	<u>Elaboración y análisis</u> de modelos	C3	G3
c)	<u>Análisis</u> de procesos de industrias complejas	C3	G9
	Producción de informes, maquetas, audiovisuales o videos sobre los procesos industriales analizados	C5	

Tabla I.17: Procedimientos del BLOQUE 3: ESTRUCTURA Y CAMBIOS DE LA MATERIA, EGB3. Categorización y grupos en C3

Procedimientos del BLOQUE 3: ESTRUCTURA Y CAMBIOS DE LA MATERIA, Polimodal	C	G
Análisis de la variación de propiedades atómicas según grupos y períodos de la Tabla periódica	C3	G7
Uso de diseños experimentales para estudiar reacciones químicas	C4	
Diseño e implementación de experimentos para determinar propiedades de soluciones acuosas y análisis de sus resultados	C4	
Control del error de la medición de magnitudes fisicoquímicas	C2	

Tabla I.18: Procedimientos del BLOQUE 3: ESTRUCTURA Y CAMBIOS DE LA MATERIA, Polimodal.
Categorización y grupos en C3

I.4.d. BLOQUE 4: LA TIERRA Y SUS CAMBIOS

Núcleos temáticos (NT): a) Los subsistemas del planeta Tierra; b) La superficie terrestre y sus transformaciones; c) Historia de la Tierra

NT	Procedimientos del BLOQUE 4: LA TIERRA Y SUS CAMBIOS, EGB1	C	G
a)	Registro y organización de partículas procedentes de suelos, ríos, playas, médanos	C2	
	Clasificación mediante tamizado de partículas	C3	G1
	Clasificación de partículas según brillo y color	C3	G1
	Medición, registro y organización de datos meteorológicos	C2	
	Comparación de datos meteorológicos de diferentes estaciones	C3	G2
b)	Lectura y análisis de artículos periodísticos sobre factores de riesgo ambiental para la vida	C2; C3	G5
	Observación y descripción de geoformas	C2; C5	
	Construcción de maquetas que representen geoformas utilizando material correspondiente a las mismas	C4	
	Exploración de diferentes recursos naturales y materiales artificiales que las personas utilizan en la alimentación y en las diversas industrias	C2	
c)	-----		

Tabla I.19: Procedimientos del BLOQUE 4: LA TIERRA Y SUS CAMBIOS, EGB1.
Categorización y grupos en C3

NT	Procedimientos del BLOQUE 4: LA TIERRA Y SUS CAMBIOS, EGB2	C	G
a)	Diseño y ejecución de experiencias para registrar la influencia de la temperatura y la gravedad en el movimiento del agua, del aire y de partículas sólidas	C4	
	Formulación de hipótesis para explicar el movimiento de las fases en cada subsistema, observación de videos y elaboración de nuevas explicaciones	C1; C2; C3	G3
	Lectura e interpretación de información cartográfica sobre la distribución de aspectos de la geosfera, hidrósfera y biósfera	C2; C3	G5
b)	Recopilación, organización e interpretación de información periodística sobre fenómenos de contaminación, manifestaciones volcánicas, sísmicas e inundaciones	C2; C3	G5
	Ubicación cartográfica de fenómenos de contaminación manifestaciones volcánicas, sísmicas e inundaciones	C2	
	Construcción de maquetas estáticas y dinámicas que representen suelos y el movimiento del agua subterránea	C4	
	Reconocimiento, representación gráfica y clasificación de sedimentos y rocas clásicas por el tamaño del grano	C3; C2	G1
	Identificación del origen de sedimentos y rocas clásicas por la textura y la composición	C3	G1
	Diseño de trabajos de campo y/o laboratorio para establecer las relaciones entre la textura y el agente que la moviliza	C4	
c)	Interpretación de videos, imágenes satelitales y fotos aéreas para reconocer sucesiones temporales de geoformas	C3	G5
	Diseño de experiencias de laboratorio y salidas de campo para comprobar los principios geológicos y los procesos de fosilización	C4	
	Formulación de hipótesis, recolección de información sobre los procesos de provocaron la actual exposición en superficie de las rocas	C1; C2	

Tabla I.20: Procedimientos del BLOQUE 4: LA TIERRA Y SUS CAMBIOS, EGB2.
Categorización y grupos en C3

NT	Procedimientos del BLOQUE 4: LA TIERRA Y SUS CAMBIOS, EGB3	C	G
a)	Lectura bibliográfica y cartográfica	C2	
	Recolección y <u>análisis</u> de información aportada por videos sobre evolución y características de los subsistemas en general y sobre la distribución de rocas, suelos y aguas en particular	C2; C3	G5
	<u>Interpretación</u> de los procesos de diferenciación de un horno de fundición como analogía del origen de la geosfera	C3	G9
	Construcción de maquetas estáticas y dinámicas para modelizar la interacción de placas, sus causas y consecuencias sobre la deformación de rocas	C4	
b)	Lectura bibliográfica y cartográfica	C2	
	Lectura e <u>interpretación</u> de imágenes satelitales y fotos aéreas	C2; C3	G5
	Representación gráfica de geoformas y <u>análisis</u> de su vinculación con los recursos naturales y los riesgos potenciales o actuales de la región bajo estudio	C2; C3	G6
	<u>Análisis</u> de videos sobre ambientes, sus cambios y los sedimentos originados en ellas	C3	G5
c)	Lectura e <u>interpretación</u> de información bibliográfica y cartográfica sobre la geología de las regiones relacionando la distribución de los distintos tipos de rocas con sus orígenes y edades	C2; C3	G5
	Registro y organización de información en columnas estratigráficas	C2	
	Utilización de información para efectuar <u>correlaciones</u> e <u>interpretaciones</u> históricas de sucesos geológicos	C3	G5
	Construcción de maquetas que permitan representar y comunicar el origen de las discordancias y sus significado geológico	C4	
	Observación, <u>reconocimiento</u> y representación gráfica de fósiles características, reales o reproducciones	C2; C3	G8
	Lectura e <u>interpretación</u> de mapas paleogeográficos de distintos períodos	C2; C3	G5

Tabla I.21: Procedimientos del BLOQUE 4: LA TIERRA Y SUS CAMBIOS, EGB3.
Categorización y grupos en C3

Procedimientos del BLOQUE 4: LA TIERRA Y SUS CAMBIOS, Polimodal	C	G
Recuperación y análisis de información sobre recursos naturales y procesos de cambio ambiental aportada por imágenes de sensores remotos y lectura cartográfica	C2; C3	G5
Diseño de investigaciones de campo y de laboratorio para reconocer características, propiedades y aplicaciones de los recursos naturales	C4	
Uso de maquetas estáticas y dinámicas para analizar y predecir efectos de procesos que modifican el ambiente	C3; C1	G9

Tabla I.22: Procedimientos del BLOQUE 4: LA TIERRA Y SUS CAMBIOS, Polimodal.
Categorización y grupos en C3

ANEXO II

INSTRUMENTO DE REGISTRO DEL DISCURSO DE PROFESORES Y DE REFERENCIAS DE TEXTOS

El siguiente material es el modelo que presentado al profesorado inicial y en ejercicio, en instancia de resolver el problema real y encuestar sobre referencias de libros de texto.

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CENTRO -FACULTAD. DE INGENIERIA

PRÁCTICA DOCENTE DE LA FÍSICA
DISCUSIÓN Y TOMA DE DECISIONES SOBRE CUESTIONES REALES

APELLIDO Y NOMBRE:.....EDAD:.....SEXO:.....
CARRERA:.....
NIVELES DE PRACTICA DOCENTE:.....

1) Lee y resuelve en forma oral la siguiente problemática

Imagínate que es necesario calefaccionar la sala de profesores de la escuela en que tu ejerces como profesor de física.

Dado que en la sala solamente existe posibilidad de obtener conexión de tipo eléctrica, los profesores decidieron comprar una estufa eléctrica.

Considerando tu formación disciplinar, te han dado la tarea de ir a comprarla, puesto que confían que eres la persona más adecuada para elegir la estufa que logre calefaccionar mejor la sala.

Una vez en el comercio, te ofrecen dos estufas que se pueden enchufar a la red eléctrica de la escuela. Las resistencias de ambas estufas son del mismo material, tienen igual sección (el alambre es el mismo y del mismo grosor), pero una tiene mayor longitud que la otra.

Debes decidir cual comprar y dar todas las razones en las que basas tu elección. Piensa que cuando vuelvas a la escuela deberás convencer a tus compañeros de que la estufa que compraste calefacciona más que la otra.

2) Ubicas cuál o cuáles temas de Física está implícito en la problemática?

.....
.....

3) Has enseñado estos temas alguna vez?

.....
.....

4) Si tuvieras que recomendarle a tus alumnos un libro de texto donde consultar sobre el tema, cual/es indicaría/s?

.....

ANEXO III

TRANSCRIPCIÓN DEL DISCURSO DEL PROFESORADO, DE LA MUESTRA INVESTIGADA

Códigos

IDI: Intervención docente-investigador

IA: Intervención de ayudante

***: no se entiende lo dicho; ...: silencio

III. 1. DISCURSO DEL PROFESORADO EN FORMACIÓN INICIAL

S: Sara; E: Emma

Ep #1: Episodio del Discurso 1

1. E: *Primero tenemos que decidir cuál de las dos queremos comprar si estuviéramos en esa situación. ..Tienen la misma resistencia.*
2. S: *igual sección pero una tiene mayor longitud que la otra.*
3. E: *igual sección sería igual área, no? El área sería la misma pero tienen diferente longitud, o sea lo que gana en longitud tiene que haber reducido en....*
4. S: *bueno...vamos a escribir....Vamos a hacer el dibujito...Hacemos una barra más larga...y una barra más corta y una más larga.*
5. E: *Hacemos una barra más corta y una más larga, así, supuestamente, la sección sería misma. Estamos interpretando bien?....*
6. S: *a mí se me viene a la mente, fórmulas, no sé por qué , pero quisiera encontrar una situación. Tenemos dos estufas, **igual resistencia**, igual sección pero una tiene mayor longitud que la otra.*
7. E: *o sea que el espacio que va a ocupar esta de largo va a ser mayor.*
8. S: *pero igual sección, ojo!*
9. E: *Sección es el área?*
10. IDI: *el área.*
11. E: *o sea que en definitiva el dibujo sería esto. No?...esta sería la mas ancha*
12. S: *y esta sería menos angosta y más larga. En definitiva el área de las dos, la superficie sería la misma.*
13. IDI: *cuál es la sección que vos hablás?*
14. E: *esta es la más angosta.*
15. IDI: *la más angosta?..*
16. E: *sí el área....*
17. IDI: *cuál es el área que se habla?.*
18. E y S: *base por altura*
19. IDI: *ah! de la resistencia?*
20. E: *Ah!... yo me imaginé un dibujo geométrico. Es el de la resistencia?...interpretamos mal.*
21. S: *Sí.*
22. IDI: *Cómo es una resistencia, a lo mejor yo les podría haber dado el dibujo.*
23. IDI: *Si les hubiera dado el dibujo, les hubiera dicho esto y esto, suponiendo que me salgan iguales no?. Igual sección. No se que ubican, que entienden Uds. como sección del alambre.*
24. S: *del área*
25. IDI: *área de qué en la resistencia?Cuál es el área?*
26. E y S: *...?*
27. IDI: *Es el área del alambre que se usa.*
28. S: *Ah.....esta bien...*
29. IDI: *las dos son del mismo material*
30. S: *exacto ahora sí.*

31. IDI: *distinta longitud, aunque esto no se tiene que estar puesto así, a lo mejor esto va y viene. Es decir la longitud del alambre con que esta hecha esta ...esta tiene más longitud*
32. S: *esta tiene más longitud y esta menos longitud, el área viene a ser la sección del alambre. Ahora sí.*
33. -----

Ep #2: Episodio del Discurso 2

34. E: *la gran problemática acá sería, cual va a dar más calor? O cual va a calentar más al ambiente...Yo no sé por qué me da la sensación que **la más larga va a ser la que caliente más.** A vos?*
35. S: *...tienen igual sección, no sé. La longitud qué tendría que ver,... para elegir la que tenga mayor longitud?*
36. E: *intuitivamente,...sin aplicar nada físico, por intuición yo diría que **la más larga es la que va a calefaccionar mejor...***
37. S: *sí a mi también me parece que sí.*
38. E: *me lo imagino como que va a ocupar más espacio*
39. S: *o sea el espacio....tiene más energía.*

Ep #3: Episodio del Discurso 3

40. IDI: *vos dijiste por intuición, pero a vos te mandan porque sos profesora de Física. Elijas lo que elijas ellos te van a preguntar cómo los convences que esa es No le vas a decir por intuición.*
41. S: *...Qué hacemos fórmulas?*
42. E: *...sí pero nosotros qué podemos decir..*
43. S: *quizá con una fórmula, podemos llegar a explicarlo con nuestras palabras y no usando la fórmula, entendés?*
44. E: *por la duda que estemos metiendo la pata....la resistencia se relaciona con la longitud no?*
45. IDI: *sí...sí....*
46. E: *y bueno terminamos pensando en fórmulas, Dios mío*
47. S: *intuitivamente **elegimos la larga.***
48. E: *pero la resistencia es inversamente proporcional a la longitud no?...de la sección que atraviesa...*
49. IDI: *y a ver que será la resistencia?*
50. S: *no estudiamos para hoy... no me acuerdo la fórmula.*
51. IDI: *no te acuerdes la fórmula, razonalo.*

Ep #4: Episodio del Discurso 4

52. S: *la resistencia para qué sirve?*
53. E: *la resistencia, la pienso yo, como la resistencia que ofrece el material al paso de los electrones de la corriente eléctrica. Esa es la definición hablada, está bien?*
54. IDI: *no sé... vos lo que tenías que ver con ese pensamiento de resistencia que relación puede tener la longitud.*
55. S: *primero tener en claro qué es la resistencia.*
56. E: *es **la resistencia del material al paso de la corriente eléctrica. Genera calor. Si la resistencia es grande se genera calor** porque no pasan,...los choques al...mirá si lo hiciéramos con un dibujito... yo no me voy a olvidar nunca este dibujo, el modelo de resistencia.*
57. E: *Estos sería, el material...*
58. S: *el cable pero en grande.*
59. E: *Al pasar de los electrones la corriente de electrones formado por átomos de un mismo elemento...*
60. S: **chocan**
61. E: *chocan con los átomos ...bah!...los átomos,...con los electrones....con el material*
62. IDI: *con el material?*

63. E: yo me imagino como que **chocan con los átomos del mismo material**. Porque por ejemplo un metal los átomos están lo suficientemente juntos para....**por eso el metal me lo imagino como un gran conductor**, porque al tener los átomos tan tan juntos, el paso de los electrones está mas impedido que a lo mejor en otro material. A lo mejor la estoy pifiando, pero es la imagen mental que tengo
64. IDI: bueno vos pensá en la explicación porque yo voy a ser una de las profesoras que te pida que me justifiques por qué compraste esa estufa.
65. E: bueno esa corriente de electrones está chocando con los átomos del material lo **que produce un calentamiento**, esos choques están relacionados con la resistencia que ofrece el material al paso de la corriente eléctrica, por eso se genera calor.
66. S: Ahora vamos a ver que pasaría si es más angosto o más largo
67. IDI: por qué produce calentamiento esos choques?
68. E: y bueno primero por los roces y hay energía de por medio, como podría explicar?
69. S: por los choques
70. E: al chocar hay pérdida de energía cinética. Como la energía no se pierde sino que se transforma, se transforma en otro tipo de energía, todo eso que se perdió como cinética.
71. S: **la energía cinética se puede transformar en no sé como decirlo... en calor**
72. E: **en calor**
73. S: exacto, hay una transferencia, una transformación de energía.

Ep #5: Episodio del Discurso 5

74. E: el gran dilema acá es si es más angosto o más largo...
75. S: qué tiene que ver eso?
76. E: cuando va a ofrecer mayor resistencia y por lo tanto **va a generar más calor**? Esta bien?
77. IDI: me interesa!
78. S: hacé un dibujito de uno más largo a ver si..
79. E: de la misma sección , el área que atraviesa la corriente electrónica.
80. S: es mayor el área
81. E: no , el área es igual. Estamos hablando que la sección es la misma
82. S: sí, el área del alambre...
83. E: no, la sección es la misma, lo que es **diferente es el volumen que atraviesa**, al haber mayor longitud hay mayor volumen
84. S: entonces...
85. IDI: el volumen de qué?
86. E: yo me imagino esto como un cilindro, un cilindro por el cual pasan los electrones, entonces al ser mas largo, como la longitud....no cambia la sección, pero sí cambia el volumen. A eso me refiero.
87. S: entonces si empujamos acá, los átomos...para vos son átomos estos?
88. E: sí, o sea, **va haber mayor cantidad de choques**
89. IDI: que se imaginan
90. E: me imagino como los átomos.....pero tendrían que estar más juntos pero..... para no hacer uno pegadito a otro, los átomos que forman el metal.
91. IDI: cómo están ahí? todos quietitos?
92. S: no! **tienen movimiento de vibración!**
93. E: **movimiento de vibración** porque es un sólido no tienen mucho espacio para moverse pero sí tienen movimiento de vibración....Esto está estático pero lo que pasa que es muy difícil dibujar algo en movimiento.
94. IDI: qué tiene que ver todo esto?
95. S: tiene que ver que **va a tener más choques**.
96. E: o sea al crecer la longitud va haber **mayor cantidad de choques**, va haber mayor cantidad de átomos disponibles para chocar contra los electrones.
97. IDI: los electrones van pasando por ahí?
98. E: sí

99. IDI: cómo es eso, a ver?
100. E o S?: y la corriente eléctrica son electrones en movimiento, si? en una dirección determinada. Bueno al atravesar el material esa corriente de electrones sufre choques con los átomos, y ahí viene **toda la transformación de energía** que habíamos visto...
101. S: y entonces, si chocan más veces....qué pasaba con la energía cinética?
102. E: al haber más cantidad de choques hay más pérdida de energía cinética, **más transformación de energía a una energía en forma de calor.**
103. S: entonces.....pero yo así, así (esquema espiral) diría que cualquiera de las dos, pero ya después cuando me puse a pensar en fórmulas y a mirar esto (esquema de estructura interna) diría la de mayor longitud, pero sino diría cualquiera de las dos. No sé por qué.
104. IDI: así que ahí habría más longitud...
105. E: al haber más longitud la resistencia sería mayor, porque habría mayor cantidad de átomos que hacen que los electrones choquen.
106. IDI: y esa resistencia mayor....
107. E: produce mayor calor

Ep #6: Episodio del Discurso 6

108. IDI: por qué?
109. S: Nosotros dijimos la resistencia al material
110. E: no, pero la teoría esta se nos viene abajo, porque la resistencia es inversamente proporcional a la longitud de la sección que atraviesa
111. IDI: la resistencia es inversamente proporcional?
112. S: no, no es inversamente proporcional. O sí. Nos hicimos un lío de fórmulas (en ningún momento se escribieron fórmulas)
113. IDI: este pensamiento que me estás diciendo es que hay una resistencia proporcional a la longitud.
114. E: entonces venimos bien. Yo pensaba si la resistencia es inversamente proporcional, como no me acuerdo la fórmula...
115. IDI: o sea que vos me querés decir que ahí va haber más resistencia, y que si hay más resistencia....ese sería el justificativo que vos me das para, para decir que esa estufa calefacta mejor...Yo intento pasar en limpio lo que me querés decir vos.

Ep #7: Episodio del Discurso 7

116. E: sí, porque **si vos por ejemplo te parás sobre un electrón, esto es una locura, pero bueno te parás sobre un electrón.**
117. S: sí...
118. E: este electrón va corriendo, atraviesa la sección, va a tener muchísima más dificultad de atravesar esta longitud que esta, que es mas corta. O sea a lo mejor no la puede atravesar, si?...los choques acá son inminentes, no lo puede atravesar, pero supongamos locamente que este electrón puede atravesar va obtener mayor resistencia al paso de...
119. S: de esta mayor longitud que en esta más chica.
120. E: exactamente, me lo imagino como un **embotellamiento**, cuanto más larga es la ruta que tenés que cruzar, el embotellamiento....
121. S: o una calle que van todos para un lado y vos vas para el otro lado solo
122. E: o sea que **cuanto más larga es la calle, más te va a costar terminar de pasar por el embotellamiento.**
123. S: con ese razonamiento, **llegamos a cual resistencia es mayor, pero ahora...que dé mas calor?....ahí a lo mejor tenemos que pensar en otra cosa.**

Ep #8: Episodio del Discurso 8

124. E: porque no me conviene que sea más largo....tener más resistencia...va a ofrecer mayor calefacción... qué ibas a decir?
125. S: estoy pensando....
126. E: si..porque has pensando tanto...

127. S: No, no ahora sí. Estoy pensando en las estufas de infrarrojo, no sé por qué se me ocurren las estufas de infrarrojo. Para ver si lo podemos relacionar con la resistencia.
128. E: el gran problema es que si es más largo ofrece mayor resistencia. Hasta ahí estamos de acuerdo....y...¿ calefaccionará más el ambiente?. La cantidad de calor generada acá ¿va a ser mayor o igual? En la larga ¿va a ser mayor va a ser mayor que en esta?, la cantidad de calor
129. S: esperá, vos dijiste que acá va haber mayor resistencia en el de mayor longitud, entonces va haber más o menos choques?
130. E: mayor, **el número de choques acá va a ser mayor.**
131. S: va a ser mayor, entonces tenemos que verlo por la energía cinética y ahí por el calor.
132. E: son dos cosas distintas.
133. S: no, para mí no.
134. E: no, no lo que te digo el razonamiento, que estábamos haciendo.
135. S: el razonamiento llevado al calor también lo vimos y también estamos de acuerdo con esto, el que tienen **mayor longitud.**
136. E: a lo mejor estoy equivocada, pero...
137. IDI: no, no, ya me convencieron
138. E: Si al haber más longitud, va haber mayor cantidad de choques obviamente, va haber mayor cantidad de pérdida de energía cinética....
139. S: que se va a transformar...
140. E: la energía cinética en una energía que se manifiesta en forma de calor y al ser **más largo, va haber mayor calor.** Se entiende lo que digo?
141. IDI: yo sí lo entiendo....

Ep #9: Episodio del Discurso 9

142. S: yo me quiero acordar de alguna fórmula y no me acuerdo. Para estar bien segura. El razonamiento esta bien pero...
143. IDI: qué fórmulas podrían estar involucradas acá?
144. E: la de la resistencia, que esa nos convenció por que es directamente proporcional a la longitud
145. S: pero nos falta alguna con el calor
146. IDI: ...esos electrones que vos decís que vienen que son?
147. E: como que son?
148. IDI: y yo no sé nada de Física....vos decís hay electrones que vienen...
149. E: es de la corriente eléctrica. La corriente eléctrica es una corriente de infinitos electrones que circulan en una dirección determinada
150. IDI: ¿entran por ahí, salen por allá?
151. S: depende.
152. E: la corriente de electrones, continúa, a pesar de los choques. Que algunos...
153. S: claro, eso es lo que te iba a decir.
154. E: choquen contra los otros, eso no quiere decir que no van a pasar, no van a atravesar ninguno para acá. Por que si alguno no logra pasar a través de la sección de la resistencia, se hace "bolsa".
155. IDI: qué se hace bolsa?
156. E: se hace "pelota" la resistencia. Esto sacálo.
157. E: Imaginate si le pasamos la corriente electrónica, y nunca sale nada de la corriente.
158. S: pero para qué necesitamos la resistencia?
159. E: que cosa?
160. S: para qué necesitamos la resistencia?
161. E: cómo para qué la necesitamos?
162. S: esta bien, yo me equivoqué acá, esta bien lo que vos decís.
163. E: vos pensás que por acá no pasa nada?
164. S: No, si esta bien, esta bien, porque después me puse a pensar, estamos hablando de la resistencia.

165. E: *imaginate que los átomos son tan pequeños y los electrones aún más....no?...te sacamos en limpio?*

Ep #10: Episodio del Discurso 10

166. IDI: *en limpio...cómo me explican que...*
167. E: **compramos la más larga.**
168. IDI: *y por qué compraron la más larga?*
169. E: *primero porque al tener mayor longitud, la resistencia es mayor a la corriente eléctrica, por todo lo de los átomos que explicamos. Al haber mayor resistencia es mayor la cantidad de choques, la cantidad de energía cinética que traen esos electrones se transforma en energía que se manifiesta en forma de calor.*
170. E: *Al ser la sección, perdón, la sección es la misma, la longitud mucho mayor va haber **mayor cantidad de choques**, por lo **tanto mayor cantidad de transformación de energía** por lo tanto, nosotros pensamos, que la **cantidad de calor que va a generar esta resistencia larga, va a ser mayor que la corta.***

Ep #11: Episodio del Discurso 11

171. IDI: *cómo se imaginan que es esa transformación de energía, focalizando en ese momento de transformación de energía. Como es*
172. E y S: *..que la energía cinética se transforma en energía.....*
173. S: *o sea que los electrones van a perder....*
174. IDI: *como yo no sé, parece que es como una cosa mágica...*
175. E: *brutamente yo lo explicaría como que cada electrón viene con una cierta velocidad. Al tener velocidad, al tener masa, que estamos de acuerdo que la tiene, tiene una energía cinética*
176. S: *va corriendo, vos imaginate alguien, que va corriendo, al chocar pierde velocidad, si?*
177. E: *hay una pérdida de velocidad, no va a correr con la misma velocidad con que venía. Esa energía cinética no se puede perder se tiene que transformar en algo. Nosotros decimos que se transforma en calor y en realidad también es así, en una energía que se manifiesta como calor, primero por los choques y los roces que va a tener con el material, eso produce un calentamiento*
178. S: *porque hay que tener en cuenta que los átomos no está quietos, sino que se están moviendo. Tienen movimiento de vibración. Entonces ahí puede haber choques. Hay choques*
179. IDI: *o sea se están moviendo, corriendo, corriendo para un lado y para otro...*
180. S: *No, están vibrando, están vibrando*
181. E: *los átomos del material, de eso estamos convencidas completamente, que tienen movimiento de vibración.*
182. S: *según el modelo que nosotros tenemos en mente, no es cierto*
183. IDI: *qué modelo tenés en mente?*
184. Sy E: *el modelo cinético-molecular!...*
185. IDI: *...qué es eso?*
186. E: *bueno, por ejemplo que en un gas hay moléculas, partículas, átomos, tienen mayor espacio, están separadas mucho más, yo me lo imagino así,...*
187. S: *imaginate un globo, vos inflás un globo..las partículas, que pueden ser átomos o moléculas, tienen un movimiento caótico, y están lo más separadas posibles*
188. IDI: *y acá, esto no es un gas...*
189. S: *no, no por eso.*
190. E: *para eso viene, lo del modelo que tenemos en la mente.*
191. IDI: *qué modelo tienen?*
192. E: *si es un metal uniforme, de cierto material, por ejemplo cobre, son todos átomos de cobre igualitos, del mismo tamaño y están juntitos.*
193. S: *pero no están quietos, sino que están vibrando*
194. E: *o sea , por un sólido, los átomos que lo forman están muy juntos, formando algo que tiene su propio volumen, su propia...forma, porque la determina esos átomos que están todos juntitos entre sí*
195. S: *pero no están quietos..*
196. IDI: *...las dos me dicen que están vibrando*

197. S: *sí*
198. IDI: *están vibrando los átomos, y viene un electrón que lo choca...*
199. S: *y sí, porque si vos imagináte, una analogía, vos vas caminando vienen 10000 personas para mi lado y yo voy en contra*
200. E: *si estas parada....*
201. IDI: *bueno...lo que yo no entiendo mucho, ¿cómo es ese pasaje?...en el momento en que ustedes me dicen que hay un átomo y me dicen que viene un electrón*
202. S: *sí, sí*
203. IDI: *y se produce un choque?*
204. E: *sí, choque o se rozan, y hay un cambio de energía, en ese puntito yo...no me imagino como la energía cinética se transforma en energía*
205. S: *cómo podría ser esto? ahí me quedaría...*
206. E: *estamos de acuerdo en que la energía cinética se transforma en otra porque pierde, o sea, mal dicho pierde, pero no encuentro la palabra para explicarlo.*
207. E: *pierde velocidad, pierde energía cinética, pero como la ley tan asimilada me dice que la energía no se pierde sino que se transforma. **La energía es como que se transforma en una energía en forma de calor, pero yo nunca me he puesto a imaginar qué pasa en ese momento.***
208. IDI: *gracias, lo dejamos acá.*
209. S: ***está buenísimo, yo nunca me puse a pensar***
210. E: *yo creo que por los choques y los roces se genera calor. Como que te acalora estar continuamente con una persona rozándote. Llega un momento que te acalora.*
211. IDI: *es decir que a la sala de profesores me traen*
212. E: *la mas larga*
213. IDI: *y de esa manera a mi me convencen?*
214. E: *como colega te vamos a dar esa justificación.*

III. 2. DISCURSO DEL PROFESORADO EN EJERCICIO

Z: Zulma; O: Oscar; R: Rosa; C: Clara

III.2.1 DISCURSO INDIVIDUAL

III.2.1.1 Discurso Profesora Zulma (Z)

- 1.Z: *Comienzo a leer.*
- 2.IA: *Tenés para escribir*
- 3.Z: *Dos estufas del mismo material, tienen igual sección pero una tiene mayor longitud que la otra...Mayor longitud a qué se refiere?. Porque si te dice tiene igual sección: el tubo?*
- 4.IA: *La sección!*
- 5.Z: *Ah. la sección. O sea el diámetro. A eso se refiere con sección. Y la longitud es distinta.*
(Nota: Lee la consigna final: ".....")
- 6.IA: *Vos pensá que yo soy una profesora de Educación Física y me tenés que convencer por qué elegiste una y no la otra.*
- 7.Z: *Supuestamente hacemos un dibujo. Hagamos una estufa, que tiene el tubo,... Supongamos que es así... desde ya que aquí van a ir las conexiones. Tenés la otra estufa con una conexión más larga. (Nota: Revisa datos, vuelve a leer: ...son del mismo material ...pero una tiene mayor longitud que la otra...)...O sea que el alambre conductor que vaya acá adentro, que supuestamente, está en tubo espiral. Yo tengo que convencer por qué compré una de las dos.*

8.IA: Si. Primero decir cual, y después decirme ...yo compré esta por tal y tal motivo.

9.Z: *Se quiere que sea ... a nivel calor, digamos. Quiere que se irradie todo el calor posible.*

10.IA:***

11.Z: *Si vos ponen *** a nivel calorífico.*

12.IA: ...vos tenés que buscar todas las variables que vos pensés.

13.Z: *Lo primero es quieren que sea para calefaccionar.*

14.IA: (...lee la consigna ... para calefaccione mejor la sala.)

15.Z: *Ésta desde ya tiene que dar mucho menor calor que ésta.*

16.IA: Cuál.

17.Z: *Ésta la más corta.*

18.IA: La más corta que daría?

19.Z: *Daría menor calor. La más larga daría mayor calor*

20.IA: Por qué?

21.Z: *Es debido a la longitud del alambre. Supuestamente al pasar mayor cantidad de electricidad, al haber más choques de electrones, vos vas a tener... No va a ser el mismo calor el que te da una tramo así. o sea un tramo corto de alambre que todo el alambre largo...O sea.*

22.IA: ¿Qué tiene que ver la corriente?

23.Z: *¿Cómo que tiene que ver la corriente?*

24.IA: Sí vos decís, va a pasar mayor corriente por acá, va a ver más choques..., cómo es eso?

25.Z: *No es que pase mayor corriente, sino que vos... La intensidad de corriente...Producir intensidad de corriente la intensidad de corriente supuestamente se produce por choques de electrones que van por un conductor. Entonces, al haber esos choques de electrones, vos sí tenés una energía que va corriendo...desde ya que esa energía eléctrica se te va transformar en calórica y lumínica, si son las tipo cuarzo... Al transformarse en lumínica y calórica , no va a ser lo mismo cantidad de calor que te ofrece una tramo más corto que el que te ofrece un tramo más largo.*

26.IA: Cómo se produce esa transformación de energía.

27.Z: *La transformación de energía? Vos decís en qué?*

28.IA: Yo no sé nada...

29.Z: *Cómo transformás la energía eléctrica?*

30.IA: Vos me decís que pasa por acá...y que se producen energía lumínica y energía calórica.

31.Z: *A eso iba cuando te explicaba lo del choque de los electrones. Cuando nosotros les explicamos a los chicos la transformación de energía por el famoso principio: " la energía no se gana ni se pierde sino que se transforma". La energía eléctrica que ingresa al alambre que tenés adentro, es ahí donde se produce la transformación cuando el alambre comienza a ofrecerle la resistencia, te das cuenta ?*

32.IA: O sea que el alambre ofrece...?

33.Z: *Resistencia.*

34.IA: Exacto.

35.Z: *Frente a esa resistencia de ahí te van a surgir los dos tipos de energía en la transformación, de eléctrica en calórica y lumínica.*

36.IA: Y entonces vos decís...

37.Z: *La más larga. Yo pienso que ofrecería más calor, porque vos...no es lo mismo la irradiación de calor que te puede provocar, 50 cm que lo que te puede ofrecer un tubo de 1 metro. Estamos en el mismo caso que la corriente eléctrica, vos fijate cuando tenés los tubos fluorescentes. No es la misma intensidad eléctrica que te da un tubo chico al que te da un tubo grande. Es decir la luz que irradian es la capacidad que tienen ellos para irradiarla pero no va a ser lo mismo que vos tengas un foco de estos en este aula, que tengas uno más chiquito vas a tener mucho menos intensidad.*

38.IA: Entonces cual decidís comprar?

39.Z: *Yo pienso esto, la que es más larga.*

40.IA: Más larga la resistencia?

41.Z: *Sí, porque está también lo siguiente: vos podés tener este conductor que puede tener una longitud, supongamos...que el tubo espiral de la resistencia...este alambre, porque también estaría eso para considerar que tuviera...2 metros, ponele. Pero que también este alambre fuese de dos metros.*

42.IA: No, no uno es más largo que el otro. Una R es más larga que la otra.
 43.Z: *Yo pienso que...*
 44.IA: Resumiendo dirías, cual y por qué?
 45.Z: *La más larga es la que compraría.*
 46.IA: Y por qué?
 47.Z: *Porque si tenés una longitud más corta, no vas a tener la misma irradiación calórica que tenés con una más larga. O sea si acá recibís, no sé ...cuanto calor podés llegar a recibir en calorías, pero si tenés acá 200 calorías y acá recibís 400. Es lo mismo que cuando vas a comprar un calefactor . Por ahí te dicen los dos tienen la misma capacidad o sea... el mismo formato, nada más que una es un poco más grande porque tiene más calorías. Entonces vos comprás ese porque si te ponés a pensar en el espacio de tu casa, por ahí comprás.... por eso yo te preguntaba si el alambre era del mismo largo.*
 48.IA: No, no una resistencia es más larga que la otra.
 49.Z: *Es lo mismo que cuando vas a comprar un calefactor este es de 2000 cal y ese de 5000.*
 50.IA: Alguna otra variable pensás que puede haber por ahí?
 51.Z: *Variable con respecto a calor?*
 52.IA: Con respecto a lo que te preguntan?
 53.Z: *Pará que no veo, no se qué más es... Ponele que si te ponés a analizar con respecto a precio, ya ahí entraría lo económico.*
 54.IA: Vos te basas...
 55.Z: *Yo te digo con respecto a lo que dice acá. me limito a eso, a la parte de calefacción.*
 56.IA: Bien, gracias.

III.2.1.2 Discurso Profesor Oscar (O)

1.IA: Nombre..
 2.O: *Oscar.*
 3.IA: Esta es la actividad si la querés leer en voz alta...
 4.O: *Cual de las dos debo comprar?. En sí ya toda la problemática se conoce. Hablan de igual sección y del mismo material, pero uno de mayor longitud que otra, por lo tanto una ofrece mayor resistencia que la otra, entonces compraría la de menor longitud.*
 5.IA:...La de menor longitud...Bueno ahora viene a la escuela y yo soy una profesora de Literatura, y me tiene que convencer a mí que eligió la mejor. Porque es la que mejor calefacciona la sala, como me lo explica?
 6.O: *lo que pasa es... A ver espere un minutito. De cualquier manera yo me apresuré con la respuesta porque tendría que ver cómo es la sala que quiere calefaccionar. Si es más grande o es más chica, porque yo lo hice siempre como hacemos en la escuela con las compras relacionadas con los gastos ***** y entonces pensando en eso, pero tengo que saber que cantidad de metros son los que yo quiero calefaccionar..., porque acá estamos hablando... Cuando yo digo que compro la de mayor o menor longitud estoy hablando del consumo... del consumo que va a tener el artefacto. De cualquier manera también va a estar relacionado con la cantidad de calor que desprenda. Así que yo quiero saber antes... la sala ¿cómo es?.*
 7.IA: Por ejemplo esta sala. ¿Cual calefaccionaría mejor la sala, cuál de las dos?
 8.O: *Y...la que opone mayor resistencia, es la que más calor desprende..., porque..., es decir que se va a poner la resistencia al rojo y la corriente que pasa... La que se pone al rojo más rápido es la de menor sección....Pero acá había dicho que tienen igual sección....*
 9.IA: Exacto.
 10.O: *...Tienen igual sección.*
 11.IA: Pero una es más larga que la otra, en longitud.
 12.O: *No. Entonces si es una sala grande...*
 13.IA: La sección estamos hablando. Acá dice el alambre es el mismo.
 14.O: *La sección del alambre es el mismo así que voy a tener una que tiene un enroscadito así (realiza un esquema) y otra que tiene un enroscadito igual.*

- 15.IA: Una es más larga y la otra es más corta.
 16.O: *Si la sala es grande ...Me voy a comprar la más grande. Si la sala es muy pequeña...*
 17.IA: Si tuviera que calefaccionar este salón, cual de las dos compraría?
 18.O: *La más larga .*
 19.IA: Por qué?
 20.O: *Porque al tener acción mayor cantidad de alambre que va a oponer resistencia en mayor cantidad de longitud....*
 21.IA: A qué va a oponer resistencia?
 22.O: *A la corriente que pasa.*
 23.IA: Y cómo es eso....Yo no entiendo nada..
 24.O: *Quiero decir...Ahí tenemos que hablar un poquito de transformaciones de la energía. Al hablar de transformaciones de la energía uno puede decir que existen distintos tipos de energía que se pueden transformar unas en otras. Así como... una enchufa una plancha para lograr un determinado calor, como lo hace la profesora de Literatura en su casa, también enciende una lamparita, y en ese caso la lamparita tiene un filamento que se pone al rojo que le da luz necesaria para iluminarse. En este caso usamos a la misma corriente que sirve para tantas cosas en una transformación en calor. Entonces la corriente al pasar por una resistencia no es lo mismo que si pasara por el aire o por el vacío que no se le opone nada al pasaje...La oposición al pasaje se manifiesta lo mismo que con la luz o con el calor de la plancha...Entonces acá elegimos una de resistencia mayor. O sea mayor en cuanto longitud , porque entonces va a tener más vueltas. Si está enrollada o más longitud..., más centímetros de algo que está en rojo, que va a desprender mayor cantidad de calor.*
 25.IA: Bueno, gracias.
 26.O: *Eso es todo?*

III.2.1.3 Discurso Profesora Clara (C)

- 1.C: *Soy profesora en Física y Química*
 2.IA: Título universitario?
 3.C: *Título universitario.*
 4.IA: Esta es la actividad que tenés que leer.
 5.C: *En voz alta?*
 6.IA: Como quieras.
 7.C: *"leo en voz alta todo el texto, si no ??? nada"*
luego de leer:
 8.IA: Vos pensá que yo soy una Profesora de Literatura ...
 9.C: *Y..que no saben , no entienden nada...*
 10.IA: Primero me tenés que decir cual vas a comprar.
 11.C: *Considerando que las resistencias son de igual sección, son del mismo material pero una tiene mayor longitud que la otra, yo al vendedor no le voy a dar muchas explicaciones, porque voy a comprar una. Pero voy a elegir , sin duda, la que tiene mayor longitud, en cuanto a resistencia. Ahora, para explicarle a mis compañeros que no van a entender nada, yo les diría que la resistencia ...Que la cantidad de calor que pasa por la resistencia de un conductor está directamente relacionada con.. la cantidad de calor, dije ¿sí? Está directamente relacionada con la resistencia... en una forma le puedo decir... proporcional si me entiende es decir de más resistencia, más cantidad de calor... Entonces así como yo te digo a más resistencia, más cantidad de calor, hay otra... me voy a meter dentro de la resistencia y te voy a decir cuanto más "larga" sea la resistencia mayor cantidad de calor te tendría que dar. Es decir la longitud de la resistencia tendría que ser mayor, entonces yo digo entre dos que sean totalmente iguales, me quedaría con la resistencia que tiene mayor longitud.*
 12.IA: No entiendo la relación entre lo que me decís, mayor cantidad de calor es proporcional a la resistencia, no le veo relación.
 13.C: *No se como explicártelo de otra manera... Yo veo que la cantidad de calor que pasa...Vos sabés que el calefactor de tu casa son en calorías... y si vamos a comprar una estufa a vos te interesa*

cuántas calorías te brinda. Entonces, es directamente proporcional la resistencia con la cantidad de calor que te otorga, es decir va a tener mayor calorías la estufa que tenga mayor longitud.

14.IA: Me podés hacer entender a mí, qué tiene que ver el calor que vos decís que es proporcional a la longitud.

15.C: *Cómo pueden ellos ver la cantidad de calor?*

16.IA: No..

17.C: *Si se nota?...*

18.IA: Vos me decís: el calor está relacionado con la resistencia y cuanto mayor resistencia hay mayor calor, me decís no?

19.C: *Sí, mayor cantidad de calor que pasa. Ahora, ¿Cómo lo vas a notar en el ambiente?*

20.IA: No. ¿Cómo es esa relación? ¿Por qué es así esa relación?

21.C: *No sé como explicártelo de otra manera.*

22.IA: Y alguna otra variable?

23.C: *No. Porque están hechas del mismo material, eso te habla que tienen las mismas secciones...No sé como te puedo convencer de que esa es la mayor. Eso sería la cosa.*

24.IA: Vos me entendés lo que te quiero preguntar?

25.C: *Creo que por ahí lo que vos decís es cómo demostrar a alguien que no entiende nada de calor, resistencia y longitudes, para que yo diga: Ésta es la mejor!*

26.IA: Claro, y que me digas es proporcional una con la otra, pero...¿Por qué es proporcional? Qué tiene que ver eso?. Yo no relaciono la resistencia del alambre con el calor. No la relaciono. Eso es lo que me falta para entenderte, porque lo otro te lo entendí.

27.C: *Entendiste hasta ahí? Y... Decir por ahí, bueno, porque tampoco creo que no te interesa mucho si decimos bueno, hablemos de trabajo calórico, trabajo eléctrico o KW-h que te brinda la usina. Creo que tampoco eso de interesa...*

28.IA: Bueno...Entonces cual elegimos?

29.C: *Yo la que tiene mayor longitud.*

30.IA: Por qué elegimos la de mayor longitud?

31.C: *Porque ofrece mayor resistencia eléctrica y sé que la resistencia está relacionada directamente con la cantidad de calor.*

32.IA: Bueno.

III.2.1.4 Discurso Profesora Rosa (R)

1.R: *El título de la Universidad de Olavarría.*

2.IA: Ahí tenés la actividad

3.R: *Bien, así que tenemos dos estufas que tienen... las resistencias son.... son del mismo material y de distinto... a no de igual sección y una tiene mayor longitud que otra.*

4.IA: Exacto.

5.R: *Bueno, cual sería la que elijo..., esperate que no me acuerdo mucho... hace tanto que no veo Física.....La resistencia depende de la longitud....Si no recuerdo mal era... la sección por la longitud y el material tenía que ver... y era con una tablita que la verdad no me acuerdo.*

6.IA: Igual, el material es el mismo.

7.R: *Es el mismo, así que ahí no tendría ningún inconveniente porque es igual... lo que sería diferente sería la longitud...La resistencia depende de la longitud sí que supongo que a mayor longitud...mayor R por lo tanto elegiría la que tiene mayor longitud.*

8.IA: Vos pensá que yo soy una profesora de Educación Física que no tengo nada de idea, y vos me decís que traje ésta de mayor longitud y por qué?. Me tenés que convencer de que compraste la mejor. Si es la que va a calefaccionar mejor la sala,....

9.R: *Me...hace falta la formulita que no me acuerdo en este momento...*

10.IA: Igualmente a mí con fórmula..?

11.R: *Sí, sí... Al tener mayor longitud la resistencia.. ***.que.***....la estufa daría una calefacción mucho más rápido, no sé...*

12.IA: Y por qué?

13.R:***

14.IA: Cual elegirías?

15.R: *Yo elegiría mayor longitud.*
 16.IA: Y por qué?
 17.R: *Creo...te digo hace tanto que no veo Física, desde que me recibí todavía no aparece, es que como que me volqué a la parte de Química..Yo digo, para mí eso que dependía la resistencia de la longitud. Pero no se como te puedo llegar a decir que...que pasa... yo elegiría esa.*
 18.IA: Por qué te imaginás vos que me va a calefaccionar más la larga?. Qué tiene que ver la corriente que pasa por una más larga que por otra más corta? Qué tiene que ver la corriente?
 19.R: *Corriente eléctrica, no?..*
 20.IA: Si, si.
 21.R: *La resistencia también depende de la intensidad de corriente.*
 22.IA: ¿Cómo?
 23.R: *Si la ley $R.I=V$, diferencia de potencial.. Resistencia por intensidad igual a diferencia de potencial por consiguiente a tener mayor resistencia pasaría mayor cantidad de corriente....No se....*
 24.IA: Vos me decís que vas a comprar la más larga
 25.R: *Te digo la verdad, creo que depende la resistencia de la longitud, por lo tanto yo razonaría que si tengo una longitud mayor, la resistencia sería mayor y pasaría mayor intensidad de corriente.*
 26.IA: Vos me estás diciendo que pasaría mayor cantidad de corriente, porque una es más corta y otra es más larga.?
 27.R: *No me acuerdo si depende de la longitud.*
 28.IA: Bien, vos defenderías así?
 29.R: Sí.

III.2.2 DISCURSO GRUPAL

S₁: Situación grupal 1

Se forma el grupo, comparten las decisiones tomadas y elaboran argumento, sin presencia de observadores externos

Eps₁#1

1.O: *Rápido. Tenemos que comprar una...*
 2.R, C,Z: *...Una estufa.*
 3.O: *Sí...entonces.*
 4.R: *Pero de igual sección de R pero distinta longitud.*
 5.Z: *Del mismo material. Tienen igual sección o sea....del mismo grosor pero tiene mayor longitud que la otra.*
 6.O: *Aquí... cómo lo consideramos, desde el punto de vista físico? Desde el punto de vista, como lo consideramos siempre nosotros, de comprar la más barata, la que menos calienta...? Lo que sea... Hay que olvidarse de todo eso...Yo, en el caso mío, le pregunté como era la...cómo era el lugar que tenía que calefaccionar, porque de ahí depende ...¿para qué voy a comprar una que tenga mayor gasto?. Por ejemplo, si el lugar era chiquitito. Entonces, ella me dijo es un lugar grande. Bueno, si es esto igual y es un lugar grande prefiero la de mayor longitud porque al tener mayor material que se ponga al rojo va a calentar más, eso fue lo que yo le dije. No sé lo que le dijeron Ustedes.*
 7.R: *Sí...que a mayor longitud va a tener mayor resistencia.*
 8.C: *Yo le relacioné, una vez que sabía que la mayor longitud era la que me daba mayor resistencia, la relacioné directamente con ...*
 9.Z : *...Con el calor.*
 10.C: *Con cantidad de calor.*
 11.O: *Claro.*
 12.C: *Sabiendo yo también que la cantidad de calor era directamente proporcional a la resistencia.*
 13.R: *Claro.*
 14.R: *Yo no lo hice por ahí. Yo le dije a mayor resistencia...*

15.O: Yo lo hice lo mismo que vos, sin nombrar cantidad de calor. Porque es una cosa que viene asociada.

16.Z: Una de las cosas que le pregunté era si el alambre tenía la misma longitud. Porque por ahí podía ser...

17.O: No. Porque te dice que no.

18.R, Z:...Dice que no.

19.O: El alambre tiene la misma...es igual en cuanto sección y material, pero....

20.Z: Pero tiene una mayor longitud. Pero qué. Podría llegar a tener mayor longitud el tubo y el alambre de adentro...

21.O: A no! se refería a la resistencia!

22.R, Z: Claro a la resistencia!

23.Z: Solo que fue una de las preguntas que le hice a ella, porque era el tubo el que tenía mayor longitud y el alambre, ponele como yo le decía de 2 metros, lo único que estaba más estirado, iba a tener la misma resistencia.

24.R: Yo después agarré para otro lado...Yo después dije.. la relacioné con la ley de Ohm. Dije bueno a mayor resistencia mayor intensidad de corriente pero me quedé ahí.

25.O: La intensidad de corriente es la misma.

26.C??: Como ***. si vos querés convencer a alguien

27.R: ...Como que me quedé a mitad de camino.

28.O: Yo lo que dije que este era el mismo fenómeno que hacía en la casa cuando enchufaba la plancha

29.R: Claro..

30.O: Así como la corriente eléctrica le sirve para encender un foquito, le dije yo, ver la incandescencia que produce luz.

31.C: Claro.

32.O: También le sirve para calentar una plancha al desprender calor,.....el mismo caso de la plancha pasa para el ambiente.

33.Z: Yo lo relacioné con el tubo fluorescente...***

34.O: Yo lo relacioné con la energía eléctrica que era la fuerza que ellos usan todos los días, la profesora de Literatura, cuando calienta la plancha, entonces le expliqué la luz y la plancha que son lo que ella usa.....

35.C: Si yo le doy cantidad ***..... la transformación de la energía eléctrica.

36.R: Claro, porque la formulita dice que la cantidad del calor depende de la intensidad al cuadrado....ya no me acuerdo más...La R por tiempo por...

37.O:***

38.C: Yo sabía que la R estaba directamente relacionada con la cantidad de calor, y como la R es la misma, la longitud..... y era....

39.O: Yo consideré la R, la longitud y eso y nada más.

40.C: Bueno, yo....

41.R: Yo no me acordaba la parte de calor.

Eps₁#2

42.IA: Decidieron? . Ya saben como van a explicar? (pregunta y se retira)

43.Z: Sí, que vamos a comprar la de mayor longitud porque al tener mayor resistencia...

44.R: No. Mayor longitud, hay mayor resistencia.

45.Z: Hay mayor resistencia.

46. R: Bueno...¿cómo lo relacionamos, la resistencia con el calor? Eso...es lo que dijo...por lo menos fácil para alguien que no supiera nada.

47.Z: Si relacionándolo con la transformación de energía eléctrica en energía calórica diciéndole que cuando la transforma...

48.C: Cuando uno usa una plancha se transforma energía eléctrica en calórica,...y eso lo puede ver cualquier persona que usa una plancha, como todos.

49.O: una ****

50.R: *Pero, cómo le contesto eso a alguien que no sabe nada?*
 51.O: *Le contestás muy fácil diciéndole que si vos por ejemplo, en tu plancha ponés más alambre del que tiene te da mayor temperatura que la que tenés.*
 52.O: *En el calentadorcito, de calentar cosas...*
 53.Z: *...Aparte la podés relacionar también con la cantidad de carga.....*

 54.Z: *...Que pasan por el conductor.*
 55.R: *Bueno, es como yo lo relacioné con la ley de Ohm, mayor intensidad de corriente.*
 56.Z: *Claro.... porque al haber mayor cantidad de cargas que se chocan, digamos, produce más calor.*
 57.R: *Producen más calor!.*

Nota 1: Se incorpora al grupo el docente-investigador, tomando el rol de profesor no especialista ante quien se argumenta la decisión tomada en la compra.

Eps₁#3

58.IDI: *a ver cómo gastaron mi plata? Tengan en cuenta que yo no sé nada del tema.*
 59.O: *Entonces te explicamos.*
 60.IDI: *me explican....*
 61.O: *Hay que calefaccionar un ambiente que es grande, entonces vos utilizás la energía eléctrica, como la que tenés en tu casa.... ¿Para qué la usás a la que tenés en tu casa?. La podés usar para iluminarte cuando esa energía eléctrica pasa a través de un filamento se pone incandescente y te da luz. Ahí la energía al transformarse de eléctrica en luz. Lo hacés también con la plancha. Vos querés algo caliente en tu casa? enchufás y la corriente eléctrica te produce en tu plancha calor.*
 62.O: *Acá va a producir calor exactamente por el mismo fenómeno. En la plancha, cuando vos se te quema, ¿qué decís? O no funciona, ¿qué decís?... Se te quemó la resistencia.*
 63.O: *Acá lo mismo, el calefactor este, va a tener una resistencia que al pasar la corriente eléctrica va a oponer una resistencia y va a oponer al paso de la transformación al calor. Cuánto más larga sea la resistencia mayor... mayor calor? va a ser el que se oponga...mayor cantidad de material va a ser el que se va a oponer a ese pasaje y va a desprender mayor cantidad de calor que se va a....*
 64.IDI: *Y entonces cual compraron?*
 65.R,O,C,Z: *la de mayor longitud!*

S₂: Situación grupal 2

El docente-investigador, mantiene su rol de no especialista en el tema, pero demanda aclaraciones conceptuales (concepto de conductor, energía, corriente eléctrica)

Eps₂#1

66.IDI: *La de mayor longitud?...Lo que yo no entiendo es el fenómeno en sí. ¿Por qué si me dicen que se alimenta con energía de un tipo que es eléctrica, al final obtengo calor?*
 67.O: *Y también podés obtener luz, como en un foco, según sea de 40, 50, 100.*
 68.IDI: *Y cómo trabaja eso... en realidad yo no sé... me dicen que se transforma la energía..*
 69.O: *Bueno, **no te queremos hablar... del flujo de electrones, PORQUE NO VAS A ENTENDER.***
 70.IDI: *Bueno, capaz que puedo entenderlo..*
 71.O: *Si vos decís que hay una energía que avanza a través de un medio, el medio se opone a su avance.*
 72.IDI: *qué es lo que avanza?*
 73.O: *Una energía que avanza..**Le estamos hablando a una persona que no tiene ni idea, SI NO, SI LE VAMOS A EXPLICAR YA FISICAMENTE. CAMBIA TODO!!***
 74. IDI: *...Ah!*

75. Z: *..Te digo como lo expliqué yo. Lo dí hace dos clases atrás. Para explicarle a los chicos cómo transformaba la energía eléctrica, les dije que hicieran de cuenta que dentro del alambre tienen pequeñas pelotitas. Que esas eran las cargas que había dentro del conductor. Entonces la energía eléctrica, qué iba a provocar?..Que esas cargas comiencen a moverse. Al empezar a moverse la primera... Qué va a producir?. Un choque entre las otras partículas que ellas tienen adentro. Al chocarse esas partículas y al estar en movimiento es que se produce la transformación debido a ese roce y se provoca el calor.*

76.IDI: El roce entre qué cosas?

77.Z: *Entre...*

78.R: *Entre las pelotitas decís vos?*

79.IDI: Qué son esas pelotitas?

80.R:...*Los electrones le decís a los chicos. Pero vos no te metés en el tema de los electrones, nada que ver!*

81.R: *Vos ya diste el concepto de electrón?*

82.Z: *Sí. Yo ya dí el concepto de electrón, porque lo tomo desde la Química. Porque..yo ya empecé con toda química inorgánica. El año pasado ellos ya vieron toda la parte de distribución electrónica, la parte de núcleo, de distribución alrededor del núcleo, partículas y todo eso.*

83.IDI: Así que el roce ese se produce, se produce entre esas pelotitas, pero esas pelotitas qué son?

84.R,O: *Electrones.*

85.Z: *Yo hablo de electrones.*

86.IDI: Son electrones...

87.O: *Yo no se lo explicaría así.*

88.IDI: A ver como lo explicarías?.

89.O: *Yo si bien, digamos, estructura atómica....le dibujaría átomos, hablar de energía...de una estructura atómica. Saber que si vos estimulás un electrón con mayor energía puede saltar fuera que puede hacerse la cadena y hacer avanzar los electrones. No les hablaría de pelotitas, si ya conocen los electrones.*

90.Z: *Claro, pero sabés que pasa? Yo les tengo que hablar en este nivel, porque el nivel de ellos digamos...es muy bajo. Es muy bajo, por eso tengo que explicarle de esta forma...*

91.O: *Es como si vos a un chiquito que tiene un año y habla algunas palabras bien le hagás decir "mema" cuando puede decir "mamadera"*

92.Z: *Claro, pero lo que pasa que yo tengo...o sea yo a los "míos", a los que yo tuve el año pasado, se los puedo explicar así, pero a los que a mi me vinieron de...*

93.IDI: Que es explicar así? Yo no entendí mucho. Cómo se lo explicaste?

94.Z: *El salto de electrones!*

95. IDI: Qué es el salto de electrones?

96.Z: *O sea cuando...*

97.IDI: El salto de electrones, explíquenmelo focalizado, que la estufa vaya a dar más calor, no?

....

98.IDI: Bueno salimos de que había un flujo de carga...

99. Z: *De partículas.*

100.IDI: De partículas..

101.Z: *Yo las llamé partículas.*

.....

102.IDI: A mi me interesa, porque es parte las cosas que pueden usar

103.O: *Te digo lo que haría yo... Si ya vieron electrones...Y si no lo vieron sería capaz nuevamente retomar la estructura del átomo aunque me lleve 15 días más, ... antes de explicar la electricidad con términos que no... o fundamentos que no a ser... no van a tener fundamento físico.*

104.R: *Claro*

105.O: *A eso voy.*

Eps#2

106. IDI: Ahora, yo quiero me expliquen por qué esa resistencia más larga, que en definitiva yo veo que ahí, en lo que Ustedes tienen, es que sea más larga...es que es equivalente a...

107.O: *va a calentar más, por eso la elegimos.*

109.IDI: Bueno, por qué más larga calienta más? Esa es lo que me tienen que convencer.

110.O: *Porque yo te digo, de que vos en tu casa tenés una energía a disposición que viene por fase... la tenés a disposición pero después depende....depende..*

111.R: *Del fin.*

112.O: *Del fin que quieras...es el fenómeno que se va producir entonces si vos a una resistencia le das electricidad, le oponés una resistencia de un valor vas a lograr un efecto: en la luz, en el calor, en todo ****

113.IDI: Y con el calor entonces, que es esta forma de transformación

114.O: *Es la transformación calórica a partir de energía eléctrica.*

115.IDI: Esa energía....ese calor..., no sé..., es más representativo *** cuando la resistencia es más larga?

116.O: el calor que produce mayor cantidad de masa, mayor cantidad de alambre, mayor cantidad de resistencia. Si vos lo hacés por unidad y sabés que acá se va a desprender tanto cuando vos repitas esa unidad más veces, se va a incrementar el calor desprendido.

117. IDI: Y vos que más querés decir?

118.C: *Yo te quería decir, que si te resulta difícil relacionar la energía eléctrica con la plancha porque por ahí la toma como una cantidad de calor elevada esa transformación eléctrica en calórica, yo bueno te digo más fácil. Querés verlo, encendé la luz de uno de tus veladores, dejala un poquito tiempo y ponés solamente por encima y sin tocar el foco, la palma de la mano, y vas a ver que la energía que pasó a través de toda la conexión eléctrica eleva la temperatura y vos vas a sentir una sensación de calor sobre tu mano sin llegar a tocarlo... Entonces vos ahí, estás viendo como la energía eléctrica, a parte de darte un tipo de energía que es la parte lumínica, por otra un porcentaje de ella se transforma en calor.*

119. IDI: En calor...

...

120.IDI: Y vos que tenés ahí.

121.R: *Yo lo había tomado de otra manera, no, no, pero me había quedado en la mitad. Yo lo había tomado un poco,... porque me acordaba un poco de que la longitud dependía de la resistencia... pero también yo lo relacioné la resistencia con la intensidad de corriente pero a través de la ley de Ohm. Y decía bueno...*

122.IDI: Qué relacionaste?

123.R: *Yo decía ... si yo elijo la de mayor resistencia yo sé que al tener mayor...la de mayor longitud voy a tener mayor resistencia. Después relacioné que yo sabía que la resistencia con la ley de Ohm era: resistencia por intensidad es igual a diferencia de potencial. Entonces yo decía a mayor resistencia voy a tener una determinada intensidad de corriente pero...me quedé ahí, como que no la relacioné con la parte de calor. No podía justificar porque lo hacía, es como que a la mitad llegué... era como que no me acordaba o no lo pude relacionar con la parte de calor que era con lo que pedía acá. Es como que me quedé en la mitad.*

124.IDI: pero sin embargo yo veo ahí otra fórmula (señalando $Q=I^2 \cdot R \cdot t$. 0,24 cal/Joule).

125.R: No, es Clara, la copié de Clara que se acordaba.

126.IDI: Qué fórmula es esta?

127.C: Y bueno es la de cantidad de calor.

128.IDI: Léemela para que la entienda.

129.C: *Yo te digo así. A ver si entendés. Yo te digo, cuando vos comprás una estufa que tenga una mayor longitud vas a obtener lo que se llama una magnitud física que nosotros le decimos resistencia. Entonces yo te digo mayor longitud, mayor resistencia. ¿Me vas entendiendo?*

130.IDI: Si...

131.C: *Yo te digo una vez que yo obtengo una mayor resistencia, voy a lograr a mayor resistencia mayor cantidad de calor y sabiendo que el calor lo podés medir en calorías porque hasta eso lo*

sabés de los calefactores, alguna vez **lo viste**...Yo te decía mayor longitud mayor resistencia, mayor resistencia mayor cantidad de calor. Hasta ahí llegué.

132.IDI: Pero...esta fórmula, ¿qué representa?

133.C: *La cantidad de calor.*

134.IDI:.. Q es igual a I cuadrado por R por t por 0,24 cal sobre Joule... (lee textual)

135.C: *Es la cantidad de calor está directamente relacionada con la intensidad de corriente que es la cantidad de electricidad...*

136.R: *De carga o electrones.....*** que vos tenés a disposición..****

137.C: *Que vos tenés a disposición, la resistencia que es la que estábamos "peleando" si era mayor o no, y el tiempo en el cual yo quiero calefaccionar algo por un factor que está indicando lo que se llama...*

138.R: *Un factor de conversión*

139.C: *Un factor de conversión entre la cantidad de calor con la cantidad de electricidad, que es lo que yo te explicaba entre la relación entre energía eléctrica y la energía de calor cuando ponés la mano encima del foco encendido.*

140.IDI: A mí me costaba entender, por qué me decían que L, a longitud mayor, R mayor, y que R mayor me garantizaba un calor mayor.

141. R y C: ***.

142.IDI: Pero de ahí, de la fórmula ρ por L sobre s, no....

143.R, C, O y Z: *AH! No. No, esto es un dato previo.*

144.O: **Nosotros justificamos por ahí porque estábamos hablando a una persona que no tenía ni idea de Física.**

145.IDI: Yo quiero que ahora, esto convertido en palabras. Hay relación entre lo que Uds. me decían? o no?.

.....

146.IDI: Me están diciendo lo mismo? Los dos compraron la misma.?

147.R, C, Z y O: *SI!. Todos compramos la misma.*

148.O: *Que cuando la resistencia sea mayor la cantidad de calor desprendido es mayor porque es directamente proporcional.*

149.IDI: Y por qué cuando me lo quieren explicar, me lo explican en función de eso que decían recién...

150.R:...*de los electrones.....No, no. Ella* (se refiere a Z) *salía con la parte...*

151.R y O: *Ella* (se refieren a Z) *dijo que lo había dado con este tema.*

152.R: *Que lo había dado de esa manera.*

153.IDI: Y, bueno, cómo me lo explicarían?

154.R: *Con electrones?*

155.C: Yo solamente te digo. **Vos me entendés** que cuando mayor es la longitud, mayor es la resistencia. **Me lo entendés?**....Yo necesito una estufa que me opongá a mí...mayor resistencia para lograr un mayor calor.

156.IDI: Si..

157.C: *Esa es mi explicación y nada de electrones, nada de....*

158.IDI: Y si fuera un preguntón y te dijera ¿POR QUÉ? ¿Por qué a mayor resistencia mayor calor? ...Seguro que si te trajera a mi hijito Facundo sería capaz de preguntarte por qué y por qué..., tiene seis años...

159.O: **eso era para.....**

Eps2#3

160.IDI: Ahora yo tengo capacidad para entender, no sé la materia, pero tengo la capacidad para entender. Me podrían profundizar un poco más, entonces, esto..

161.O: *Si entendés la relación que a mayor resistencia hay mayor desprendimiento de calor. Digamos... cuando pasa la corriente eléctrica, hablo que cuando pasa la corriente eléctrica esta diciendo intensidad y tiempo, entonces, vamos a resolver toda esta explicación en las dos cosas que tenemos que tener en cuenta...*

162.C:...*Pero si vos reemplazás estas 2 fórmulas acá (se refiere a $Q = I^2 \cdot R \cdot t \cdot 0,24$ cal/Joule y*

R=ρ.L/S) ya estás relacionando el calor con la longitud.

163. R: *Y bueno por eso yo...*

164.IDI: *Ella nos muestra las dos fórmulas juntas para poder relacionarla. Ahora por qué decir que no avanzarías conmigo?. Qué cosas no podría entender yo?*

165.O: *Quizá la explicación numérica, la relación de proporcionalidad.*

166.IDI: *No. Hablando de conceptos. No de formulas. Sino, a ver... acá adentro está escondido otro concepto que pienses que yo no lo podría entender?*

167.C: *No, yo creo que,... no es una cuestión personal, eh?*

168.IDI: *No, no.*

169.O: *La intensidad , por ejemplo. Ahí entra a jugar la carga.*

170.C: *La cantidad de carga.*

171.O: *...Los electrones, la estructura de la materia, hay que ver que lo que tenés a disposición ahí, entonces es una masa de electrones que al pasar por ahí, se va desplazando un poco el átomo???. O sea tenés que tener por lo menos "cultura" en*

172.R: *...en modelo atómico.*

173.C: *Yo creo que si yo quiero convencer a alguien...*

174.O: *Comprar un calefactor.*

175.C: *Le digo si vas a comprar un calefactor para tu dormitorio, qué vas a elegir? Que tenga muchas calorías o pocas calorías?. Indudablemente el que tiene muchas calorías. Bueno. Listo! Encontramos la relación que había entre la longitud y la resistencia? Sí!. A mayor longitud, mayor resistencia. Encontramos la relación que hay entre la resistencia y la cantidad de calor. Sí! la encontramos!. Cuanto mayor resistencia mayor va a ser la cantidad de calor. Entonces me estás diciendo que mayor calorías necesitas....*

176.IDI: *Yo con eso,*** suficiente.*

177.C: *Yo no puedo hacer más, no puedo explicar más. Es decir no se como...*

178.R: *No, como decía Oscar, si te querés a poner en la parte de estructura atómica, con electrones. Si tenés que ir a la parte de intensidad. Intensidad a partir de..., a partir de....*

S3: Situación grupal 3

El docente-investigador, se torna en un supuesto par del profesorado especialista que plantea algunas demandas de conocimiento sobre la decisión tomada.

Eps₃#1

179.IDI: *Yo ahora, soy una compañera de trabajo de Ustedes. Me vinieron con la estufa de resistencia más larga. Ahora quiero la otra explicación.*

180.C: *Física?*

181.IDI: *Claro...*

182.Z: *la Física relacionada con la Química.*

183.IDI: *Ahora yo puedo entender!*

184.O: *Bueno...*

185.Z: *Llegamos hasta acá, tenías el alambre.*

186.O: *Y bueno, y que... no se...*

187.Z: *Por la parte Química.*

188.R: *Ah!..*

189.IDI: *Ahora yo tengo capacidad como para no ser una simple compañera que te dió la plata y bueno... A ver...Ahora soy otra del Departamento (de Física) que no pudo ir con Ustedes!*

190.O: *Bueno, si no puede explicar con este modelo, no se...???*

191: IDI: *Qué era eso que desde ese modelo electrónico yo tendría que saber entender?*

Nota 2: Se retira el docente-investigador, el grupo interacciona sin presencia externa

- 192.R: *Si bueno, empezar por estructura atómica, supongo. Yo creo a no ser que ya lo hayamos dado.*
- 193.O: *¿Qué tenés como conductor? Tenés como conductor un cable de cobre. Si vos hacés (realiza un dibujo) un cable tan finito que sea átomo, átomo de cobre y uno al lado de otro. Y cada uno tiene un núcleo y sus niveles de energía con electrones que giran, entonces vos le estás dando...*
- 194.Z: *Bueno, yo no quise entrar tanto en eso, porque ellos ***.*
- 195.O: *Si vos estás metiendo energía a través de la corriente eléctrica lo que estás poniendo...*
- 196.Z: *Exitando.*
- 197.R: *Exitando, lo desestabilizás.*
- 198.O: *Vos que hacés. Al exitar éste le “agarra un ataque” y pasa acá (señala un salto de nivel en el dibujo).*
- 199.R: *Claro, y van saltando los electrones.*
- 200.O: *Van saltando de tal manera que cuando vos, cuando cortaste la corriente, acá haya la misma cantidad de electrones que *** para el retroceso (no se entiende lo que dice). O sea que lo que estás dando es un camino para que se ***insumiece?*** (no se entiende lo que dice).*
- 201.Z: *Eso es lo que hice yo, más sencillamente.*
- 202.R: *Qué tenemos que hacer ahora (pregunta a la docente-investigadora que está lejos del grupo)*
- 203.IDI: *Procurar que entienda (responde desde lejos del grupo)*
204. O: *Lo que pasa que vos (se refiere a Zulma) decís que las pelotitas, decías vos, al frotarse generaban energía.*
- 205.Z: *Claro. No, no, yo te entiendo.*
- 206.O: *Bueno, y entonces yo te hago la pregunta: ¿Y por qué esto se calienta?*
- 207.R: *Y por el roce de los electrones... Por el roce de los electrones.*
- 208.O: *No sé.*
- 209.R, C: **** (inaudible)*
- 210.O: *No sé. Si vos tenés por ejemplo un átomo (se refiere al dibujo anterior) y después el electrón, y una vez que pasas a esa molécula...*

****Discusión, voces superpuestas.

211.O: *Por que a mí...*

****Discusión, voces superpuestas, cortan la grabación.

Nota 3: El docente- investigador escucha el stop del grabador y lo conecta inmediatamente.

212.R: *Lo que pasa que dijimos una mala palabra, por eso...*

Risas de todo el grupo.

213.Z: *No sé como explicar.*

214.R: *Para mí, porque tengo la idea de que he visto de que de “chocarme” los electrones unos con otros generaban una especie de calor.*

215. Z, C: *Claro, los electrones.*

216.O: *La resistencia que se opone al pasaje de los electrones libremente y eso es lo que desprende calor, lo que pasa.*

217.Z: *La resistencia que opone el mismo....átomo.*

218.O: *Lo que pasa, si vos hilás fino, fino, fino, cuando vos a un electrón lo exitás pasa a un nivel superior.*

219.R, Z: *Sí.*

220.O: *Cuando lo dejás de exitar vuelve y emite un fotón, que es energía.*

221.R,Z: *Sí.*

222.Z: *Es energía calórica.*
 223.O: *Es luz.*
 224.R: *Es luz. Los fotones son luz.*
 225.Z: *Pero automáticamente al desprenderse fotones, no es energía calórica?*
 226.R: *No.*
 227.C: *No, porque podés tener un proceso que sea todo lumínico.*
 228.Z: *Yo la parte de luz siempre la asocié a energía calórica.*
 229.O: (en voz muy baja, poco entendible) ****Cuando vos tenés entre átomo y átomo un espacio vacío, donde un electrón pasa..., luego que va a pasar...***.*
 230.Z: *Que haya roce entre los que pasan y los que saltan.*
 231.O: *****
 232.Z: *No, lo que pasa que ahí tiene que existir alguna fuerza de roce que sea la que produce la resistencia para que no...*
 233.O: *Un rozamiento.*
 234.Z: *Claro, que produce calor.*
 235.R: *Yo, para mí...*
 236.C: *Lo que vos estás diciendo, para mí también. Yo lo leí en alguna parte. Como que la fuerza de rozamiento entre los electrones generaba calor. Pero tanto no sé...Yo no me acuerdo tanto.*
 237.R: *Yo tampoco.*
 238.Z: *Tan finito, no!*
 239.R: *Empezando que no me gusta Física.*

****Se superponen las voces.*

240.R: *No, no me gusta Física.*
 241.C: *Pero tampoco hilar tan finito, si...*
 242.R: *Oscar, yo tuve en la práctica, se pelearon entre ellos.*

NOTA 4: Se incorpora al grupo el docente-investigador y se dispone a escuchar la argumentación de la decisión tomada en la compra de la estufa, desde el punto de vista que los integrantes del grupo denominan explicación "física"

Ep_{s3}#2

243. IDI: Y...
 244.R: *Nos quedamos...*
 245.Z: *Estamos hilando demasiado finito.*
 246.R: *No nos acordamos mucho.*
 247.O: *Nosotros si consideramos, por ejemplo, como un filamento de cobre. Supongamos formado tan delgado que sea un átomo de cobre uno al lado del otro.*
 248.IDI: Si...
 249.O: *Qué pasaba cuando entraban electrones de la corriente eléctrica? Entonces, empezamos a hablar de que...*
 250.R: *Saltaban.....Claro.*
 251.O: *De que el nivel superior se cargaba de electrones que saltaban y...*
 251.R: *Que iban saltando uno con otro.*
 252.O: *Y acá también salían. Pero qué pasaba?. En el momento que vos cortás esta entrada la cantidad de electrones que se mantiene igual, por eso que el alambre de cobre te sirve para muchos pasajes. No? Ahora bien, cada uno de los átomos se iba oponiendo al paso y generaba esa resistencia que es la disipación del calor.*
 253.R: *Calor. Pero no nos acordábamos...Pero para mí , y para ellas también, era que generaba calor porque al chocar los electrones unos con otros hacía una fuerza de rozamiento que generaba...disipaba calor. Pero...tanto no nos acordábamos.*

Hablan todos juntos y no se entiende.

254.O: *** *masa.*

255.Z: *** *que explique esa resistencia que es la que produce calor. Ahora qué la produce? Qué hablábamos con Oscar recién. Si es el choque de los electrones contra el núcleo...*

256.O: *Del cobre.*

257.Z: *Del cobre. O sea el choque de los electrones que entran entre sí, con los que van saltando.*

258.IDI: O sea que hasta aquí llegaríamos a un avance que a lo mejor necesitaría un poco más de profundización.

259.O: *Indudablemente.*

260.O, Z, C, R: *Seguro!*