

ARGUMENTACIÓN A PARTIR DE UN PROBLEMA AUTÉNTICO SOBRE LA TRANSFORMACIÓN DE LA ENERGÍA ELÉCTRICA EN UNA RESISTENCIA

Silvia Beatriz García de Cajén*

José Manuel Domínguez Castiñeiras**

Eugenio García-Rodeja Fernández**

*Universidad del Centro – Argentina

**Universidade de Santiago de Compostela

Resumen

Desde la perspectiva del aprendizaje de las ciencias como construcción social del conocimiento, se pretende que los estudiantes elaboren argumentos acerca de cuestiones y problemas científicos. Este argumento se lo significa como un argumento situado, existiendo métodos y criterios que permiten su análisis y comparación (Duschl, 1997; Driver y Newton, 2000; Jiménez, 1998).

El presente trabajo se realiza en el marco de la memoria de investigación de Tesis de Maestría. Su propósito es poner en evidencia qué potencialidad tiene un *problema auténtico* para promover la argumentación durante una prueba piloto aplicada a una pareja de futuras profesoras de Física y Química. El problema plantea la transformación de la energía eléctrica en una resistencia óhmica y se diseña a partir de una salida integradora del Proyecto AcAb (García-Rodeja et al., 1994). Del análisis de transcripciones surgen aspectos epistémicos y argumentativos.

Palabras clave: problema auténtico, argumentación, física, formación de profesores, universidad.

Abstract

From the perspective of science learning as a social construction of knowledge, it is expected students develop arguments about issues and problems. This argument is meant as a situated argument, whereby there exists methods and criteria that permit its analysis and comparison (Duschl, 1997; Driver y Newton, 2000; Jiménez, 1998).

The purpose of this paper, which is part of a Master's Thesis, is to make evident the potential use of authentic problems to promote argumentation, taking place during a trial test on two future Physics and Chemistry teachers. The problem it is about electric energy transformation in an ohm resistance, and it is designed from an integrated Project called AcAb (García-Rodeja et al., 1994). Epistemic and argumentation issues arise from transcription analysis.

Palabras clave: authentic problem, argumentation, physics, teachers training, university.

1. Marco teórico y contextualización del problema

Nuevas concepciones de la ciencia indican la importancia de enseñar y aprender el conocimiento científico en entornos que, a través de actividades apropiadas, faciliten el acceso de los estudiantes a formas de argumentación (Driver y Newton, 2000). Este argumento se lo significa como un argumento situado, existiendo métodos y criterios para comparar argumentos alternativos y elegir el más adecuado (Duschl, 1997; Jiménez, 1998; Driver y Newton, 2000).

La perspectiva del aprendizaje de las ciencias como construcción social del conocimiento pretende que los estudiantes razonen y argumenten acerca de cuestiones y problemas científicos (Jimenez, 1998). Además, se considera que las estrategias de razonamiento no se aprenden con independencia del contenido al que se aplican (Pérez y Pozo, 1994).

Investigar sobre argumentación implica seleccionar un conocimiento conceptual específico, que se convertirá en un factor determinante (Alvarez, 1998; Jiménez, 1998) para el uso de estrategias de razonamiento. En nuestro caso decidimos seleccionar un contenido del campo de la Electricidad. De la búsqueda bibliográfica surge que es extensa la investigación sobre el conocimiento de los alumnos respecto a cuestiones de electricidad (Driver et al., 1990; Hierrezuelo y Montero, 1991; Osborne y Freyberg, 1991; Sebastiá, 1993; Driver et al., 1994; Varela et al., 1993), pero esta información se reduce drásticamente cuando se refiere al conocimiento de los profesores de Física. Y disminuye aún más cuando el tema investigado tiene como objetivo poner de manifiesto los elementos de argumentación que utilizan los profesores (Rusell, 1983) cuando razonan, desde la ciencia del docente, sobre hechos reales y cotidianos como por ejemplo aquellos hechos propuestos en unidades didácticas sobre Electricidad (Valcarcel et al., 1990; García-Rodeja et al., 1994; Domínguez e Illobre, 1997, Favieres et al., 1999; Pro y Saura, 1999).

Dado que en las clases de ciencias son poco frecuentes las oportunidades que se brindan para razonar dentro de un marco de contexto real sobre un fenómeno cotidiano y familiar (Duschl, 1995), decidimos centrar la investigación en el problema de la *transformación de energía eléctrica en una resistencia óhmica* por considerar que reúne las condiciones recientemente citadas.

Por nuestra experiencia docente sabemos que el alumnado aprende fácilmente, y no necesariamente en la escuela, que para calentarse debe enchufar a la red la estufa eléctrica de modo que la resistencia se ponga al rojo vivo, pero le resulta mucho más difícil establecer con detalle en qué criterios basa esta forma de proceder. Consideramos que la ciencia escolar es responsable de formar estos criterios, por ejemplo construir el criterio argumentativo sobre *por qué, entre varias estufas de diferente resistencia eléctrica, la estufa que más caliente es aquella que tiene menor resistencia.*

Es así que resulta de interés conocer cómo argumentan sus profesores cuando discuten y razonan sobre esta problemática.

Quienes investigan sobre argumentación (Eichenger et al., 1991; Kelly et al., 1998; Alvarez, 1998; Jimenez et al., 2000) obtienen los datos trabajando con pequeños grupos de alumnos y utilizan como instrumento de recogida de información un tipo de *problema* que denominan *auténtico* logrando que los investigados *hablen ciencia* (Lemke, 1997) al razonar sobre él. Estos *problemas auténticos*, se caracterizan por:

- 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.
- La resolución de la cuestión implica utilizar y analizar pruebas o datos, elaborar razones y tomar decisiones de manera similar a como se haría en un contexto científico (Duschl y Gitomer, 1996; Jimenez, 1998; Alvarez et al., 1998).

La literatura de investigación educativa consultada, aporta *problemas* (Tabla 1) que revisten carácter de *auténticos* dado que están en estrecha relación con el contexto de quienes los resuelven, captan el interés de los alumnos sobre cuestiones relativas a la región, a su vida cotidiana o a su cultura, y además su resolución implica operativizar conocimientos del campo de la Física. En la misma literatura no se encuentran *problemas auténticos* orientados a investigar la argumentación de profesores y mucho menos en situación de capacitación. Esto implica que si, en el marco de Tesis de Maestría, pretendemos investigar la argumentación del profesorado de Física en contexto de capacitación docente, debemos enfrentar el desafío de generar un *problema auténtico* que sirva como herramienta de recogida de información.

Investigar argumentación no sólo implica utilizar un tipo especial de herramientas de recogida de información, a partir de *problemas auténticos*, sino también utilizar un tipo especial de herramientas de análisis. Si consideramos al *problema auténtico* a resolver como una tarea de razonamiento en la que se elaboran argumentos, es posible utilizar para el análisis el patrón argumentativo de Toulmin (1995). Las argumentaciones en las comunidades científicas contienen ciertos elementos predecibles que se relacionan de forma también predecible (Eichinger et al., 1991).

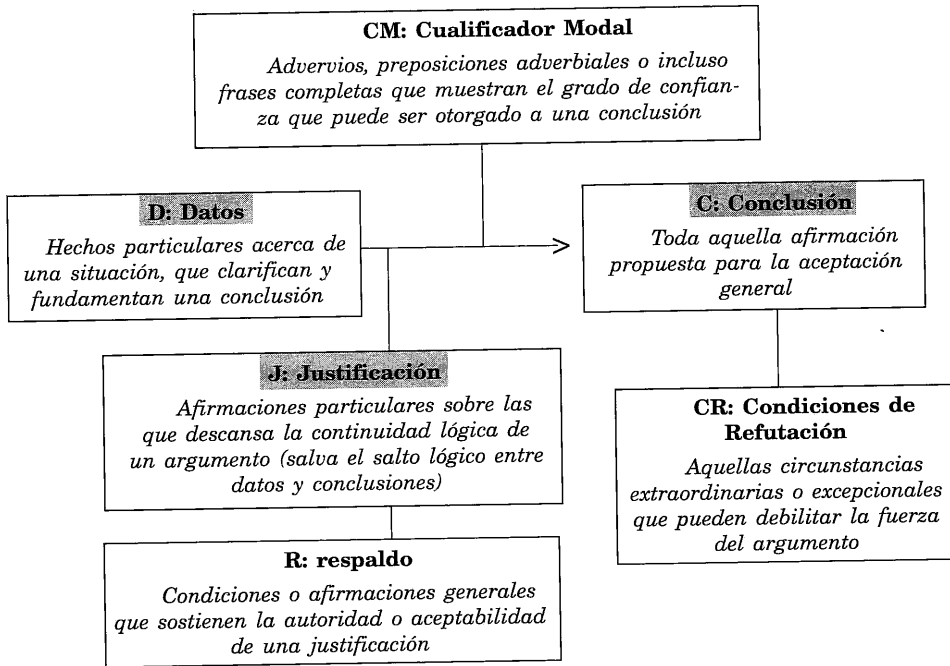
El patrón de argumentación de Toulmin (TAP: Toulmin's Argument Pattern) divide los componentes de un argumento en seis categorías (datos, justificaciones, conclusiones, respaldos, cualificadores modales, condiciones de refutación) posibles de definir y de relacionar (Jimenez et al., 2000) en esquemas de argumentación. En el Esquema I se relaciona y define cada uno de estos seis elementos.

Para que exista un argumento (Toulmin, 1995) se necesita la presencia de tres categorías básicas (datos, justificación y conclusión) que destacamos en el Figura I, mientras que la existencia de los otros elementos (respaldo,

Tabla I. Problemas auténticos sobre cuestiones de Física, utilizados en la investigación educativa sobre argumentación en ciencias.

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 (Eichinger et al., 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 Univ. Santiago de Compostela. ESPAÑA	Alumnos de Bachillerato	Flotación	Encontrar estrategia para reflotar un submarino hundido (Álvarez et al., 1997).
	Alumnos de COU y futuros profesores de secundaria	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 (Alvarez et al., 1999)
	Alumnos de 2º. de BUP. (adultos)	Ley de Hooke	Evaluar la posibilidad de que un explorador pueda medir la masa de pequeñas piedras con un resorte (Reigosa et al., 2000)
AcAb Universidad Santiago de Compostela. ESPAÑA	Alumnos de 2º. de ESO	Sombras	Justificar por qué un lugar iluminado por la luz solar, luego queda en sombras (Couce et al., 1998).
	Alumnos de 1º. de ESO	Modelo cinético de partículas	Interpretar el incremento de temperatura de un sistema material (agua) que intercambia energía con una fuente (mechero). Justificar la dilatación y el 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 et al., 1998).

Figura 1. Elementos, definiciones y relaciones del Patrón Argumentativo de Toulmin (TAP)



condiciones de refutación y cualificadores modales), tiene que ver con la riqueza y la complejidad de la argumentación. Estas seis categorías del esquema de Toulmin han dado lugar a subcategorías (Jimenez, 1998; Alvarez, 1998; Pontecorvo y Girardet, 1993) que en estudios exhaustivos de la argumentación resultan relevantes. Pero en el presente trabajo, donde se pretende identificar si existe argumentación en una prueba piloto, sólo aquellas tres categorías básicas (D, J y C) y los respaldos (R) serán determinantes y motivo de análisis.

El marco legal de la educación argentina, en el área de Ciencias Naturales (García de Cajén y Domínguez, 1999) cualquiera sea el nivel de enseñanza, promueve el aprendizaje de estrategias de razonamiento y argumentación. En él (MCE, 1997) se hace explícito el propósito de que los alumnos aprendan a *tomar decisiones basadas en argumentos*, lo que parecería implicar la necesidad de transformar las clases de ciencias en un entorno propicio para la práctica de la argumentación. Para que esto sea posible deberá tenerse en cuenta la práctica docente y la capacidad que poseen los profesores para modelizar, enseñar, diseñar y coordinar situaciones que impliquen la elaboración de argumentos.

Diseñaremos un problema auténtico para poner de manifiesto los argumentos de los docentes, que constituirá nuestro instrumento de recogida de información. El objeto de este trabajo será validar dicho instrumento y con qué problemas podremos encontrarnos a la hora de ponerlo en práctica; para ello realizaremos una *prueba piloto*.

Los resultados de este trabajo permitirán considerar si es necesario realizar correcciones que optimicen el problema auténtico y determinar su validez en la investigación de argumentaciones del profesorado de Física (Tesis de Maestría).

2. Estrategia de recogida de información y su tratamiento

En esta parte del trabajo caracterizaremos la muestra investigada; presentaremos el texto del *problema auténtico* y haremos explícito el marco referencial que utilizaremos para el tratamiento de la información.

2.1. Muestra investigada

Hemos realizado la *prueba piloto* durante una sesión en la que participan voluntariamente dos alumnas de la Carrera de Profesorado de Física próximas a graduarse. Dicha titulación está ubicada en la Facultad de Ingeniería Química de la Universidad Nacional del Centro, en Olavarría, ciudad de la región Centro de la Provincia de Buenos Aires (Argentina)

Llamaremos Sonia (S) a la alumna que realizó la Práctica de enseñanza de la Física sobre un proyecto de Calor y Temperatura, y Emma (E) a la que la hizo sobre el tema Electricidad. Ambas, en las Didácticas Especiales, tomaron conocimiento respecto a las ideas alternativas del alumnado. Además, respaldaron sus proyectos de Práctica utilizando el modelo cinético-molecular.

Durante la prueba piloto S y E interactúan en pareja, mientras la investigadora presencia la discusión y sólo interviene si es necesario superar algún distractor o restablecer la continuidad del discurso. Éste se registra con grabación de audio, realizando luego la transcripción. En el análisis del discurso se identifican los datos, justificaciones y respaldos, así como su utilización durante la elaboración de la conclusión.

2.2. El instrumento de recogida de información. El problema auténtico

El *problema auténtico* se diseña a partir de una de las salidas integradoras de la *Actividad Abierta (AcAb) Circuito*, del *Proyecto AcAb* (García-Rodeja et

al., 1994). Se asume que dicho problema debe presentarse como una actividad colaborativa (Hogan, 2000), dando oportunidad para la construcción social de significados y el desarrollo de la comprensión conceptual. Se tiene en cuenta la motivación que dicha actividad puede suponer para el profesorado en ejercicio. En la forma de redactar la tarea a realizar se busca el equilibrio, de manera que logremos que el problema resulte motivador, pero cuidando que no tenga demasiados distractores que resten atención al tema que interesa para su estudio.

Diseñar un *problema auténtico*, dirigido al profesorado argentino que asiste a cursos de capacitación, implica tener en cuenta la realidad de dicho docente. Se elabora una problemática que rescata la situación cotidiana de aquellos que, en muchos casos, deben colaborar con el confort escolar, como por ejemplo procurar que la escuela tenga sus espacios calefaccionados en invierno. Cuestión real, que en otros contextos podría adquirir rasgos de inverosimilitud. El texto del *problema auténtico* (Cuadro 1) al que aplicaremos la prueba piloto es el siguiente:

Cuadro1. Problema auténtico

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, 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.***

2.3. Referencial del investigador sobre el problema auténtico

Una dificultad en la investigación del conocimiento por medio de estudios interpretativos, es evitar posibles sesgos del investigador en la interpretación de cómo se considera que es el conocimiento de los investigados.

Para obviar dicha dificultad realizamos el análisis del *problema auténtico* (Cuadro 1) a partir de la ciencia escolar (Halliday et al., 1998), y basados en Toulmin (1995) elaboramos un esquema de argumentación (Figura 2) representativo del conocimiento del investigador sobre el fenómeno en estudio y que en primera instancia se pretendió utilizar como referencial. La lejanía de este esquema respecto al discurso registrado, motivó la elaboración de un segundo esquema (Figura 3) el cual se constituyó en el referencial de la investigación.

En primer lugar identificamos en el texto del problema los datos 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 ($L_1 < L_2$)

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 ($I_1 > I_2$), puesto que:

- La estufa que calefacciona más es aquella por donde circula mayor I , dado que su potencia eléctrica es mayor ($P=VI$), 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.

Elaboramos así, un esquema argumentativo cuya conclusión es que debemos comprar la estufa cuya resistencia es la de menor longitud (L_1).

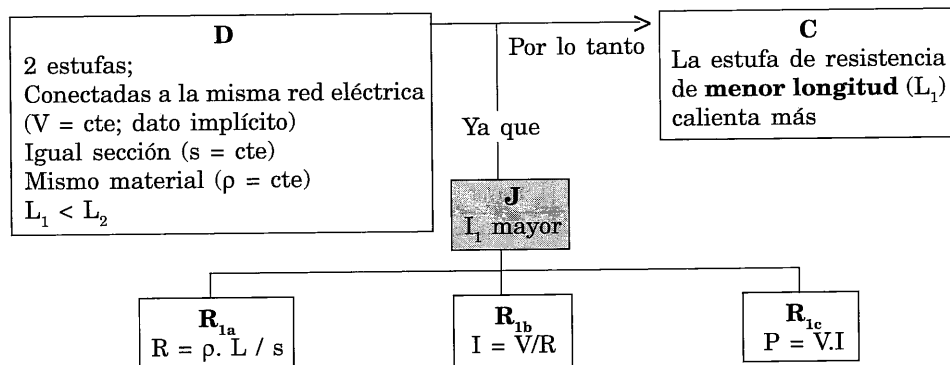
Destacamos que la conclusión se justifica a partir de que I es distinta en cada circuito ($I_1 \neq I_2$), en nuestro caso $I_1 > I_2$, utilizando los respaldos que aparecen en el esquema.

Sin embargo el discurso que analizamos no operativiza: la ley de Ohm (R_{1b}), por lo que se igualan las intensidades ($I_1=I_2$); ni la potencia eléctrica (R_{1c}); ni identifica como dato (**D**) V constante. Si bien, establece la relación de proporcionalidad directa entre R y L (R_{1a}).

En el razonamiento se utiliza un modelo analógico, los electrones se comportan como moléculas en un gas, teoría cinético-molecular, modelo que tienen *en la mente* (185. S y E, esta nomenclatura indica: línea 185 del discurso, Anexo, emitida por Sonia y Enma), si bien *no se imagina como la energía cinética se transforma en energía ...* (209. E).

En consecuencia, consideramos necesario elaborar un nuevo esquema (Figura 3) que tenga en cuenta dicho modelo analógico, de modo que sea más cercano y facilite la obtención de información útil, para el análisis de la

Figura 2. Referencial elaborado, a partir de la Física, para el análisis del argumento del discurso sobre qué estufa calienta más



argumentación de las estudiantes. Obviamente, ambos esquemas (Esquemas 2 y 3) tienen los mismos datos y la misma conclusión.

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

La ciencia escolar (Halliday et al., 1998) indica que $I = n s e v_d$, 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, encontramos que I mayor se relaciona con v_d mayor. 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.

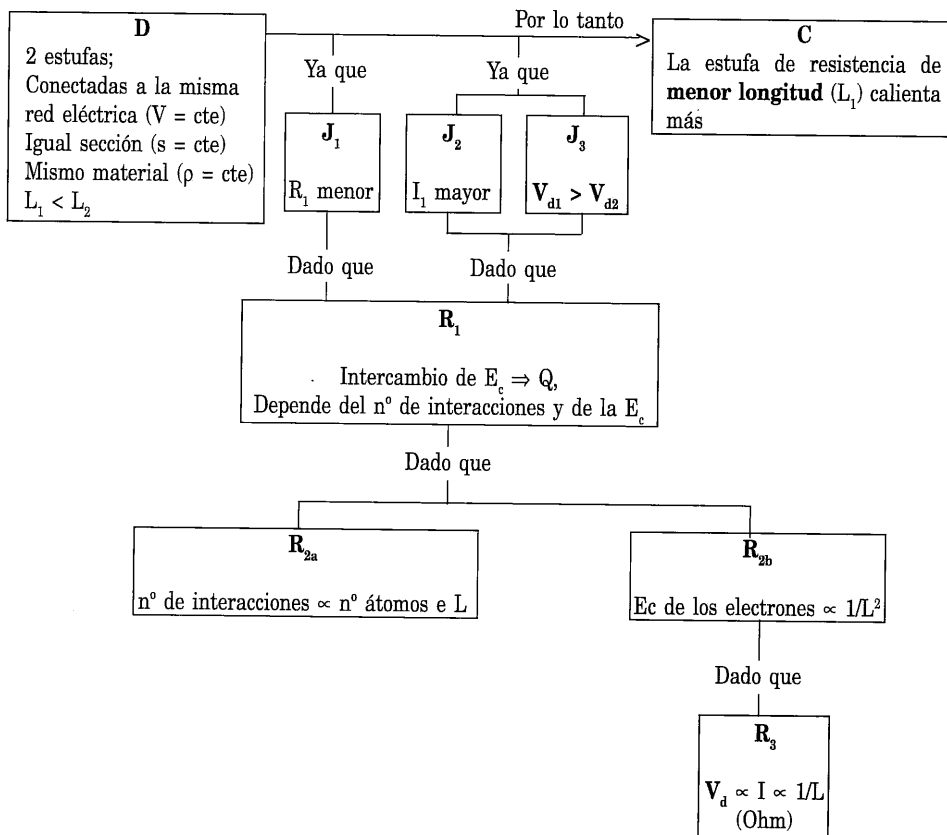
La liberación de energía térmica es el resultado de la interacción entre los electrones y los restos atómicos: mediante *choques* o *colisiones* (Halliday et al., 1998) o mediante *choques* o *roces* según la muestra investigada.

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 ($E_c = 1/2 m_e v_d^2$). Dado que v_d es directamente proporcional a I y ésta es inversamente proporcional

Figura 3. Referencial basado en un modelo analógico, para en análisis de la argumentación de las estudiantes.



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 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.

3. Análisis y discusión de resultados

En las investigaciones sobre argumentación (epígrafe 1) se utiliza el esquema de Toulmin (TAP: Toulmin's Argument Pattern) como instrumento para comprender 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 (Esquema 3), específicamente construido por el investigador para el análisis del discurso de las estudiantes.

3.1. Caracterización de la estructura del discurso de la muestra investigada

De la prueba piloto se obtienen 215 líneas de intervención (Anexo), siendo posible identificar diferentes partes del discurso (PD), que caracterizamos en la Tabla 2. Existen tres partes (PD#3, PD#6 y PD#9) donde el discurso se torna dubitativo (por razones de espacio no se incluyen en el anexo) y una última parte (PD#11), que se registra después de la emisión de la conclusión final, donde las futuras profesoras continúan hablando sobre el problema y realizan una metarreflexión sobre lo que implica razonar sobre él.

El discurso se inicia con la lectura del *problema auténtico* y la interpretación del mismo. Las alumnas parecen asumir el problema como real y lo identifican fácilmente.

Para una mejor comprensión del proceso de discurso, incorporamos a continuación una breve descripción de cada parte del mismo (PD).

- PD#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 investigadora para superar este obstáculo.

Tabla II. Partes del discurso sobre el problema auténtico

Partes del Discurso	Líneas de Intervención	Aspectos sobresalientes de cada Parte del Discurso
#1	1-33	Interpretación del problema. Interpretación del termino "sección".
#2	34-39	Conclusión intuitiva: <i>comprar la estufa cuya R es de mayor longitud.</i>
#3	40-51	Esfuerzo por recordar fórmulas.
#4	52-73	Justificación a partir del concepto de resistencia.
#5	74-107	Justificación relacionando el movimiento e interacción entre partículas, resistencia, transformación de la energía.
#6	108-115	Esfuerzo por recordar fórmulas.
#7	116-125	Justificación con analogía entre el movimiento de un electrón y el movimiento de una persona en calle larga y congestionada.
#8	126-143	Justificación de la transformación de la energía cinética del electrón en calor.
#9	144-167	Corriente eléctrica como corriente de electrones que no se acumulan. Existencia de choques entre electrones.
#10	168-172	Conclusión final: <i>comprar la estufa cuya R es de mayor longitud.</i>
#11	173-215	Modelo mecánico (choques, roces, pérdida de energía cinética) y Modelo cinético-molecular (movimiento de vibración de los átomos). Metarreflexión.

Esto hace que se introduzca una nota aclaratoria en el texto del *problema auténtico*, para evitar que vuelva a ocurrir en futuras recogidas de información. El tercer párrafo del problema auténtico (Cuadro 1) se modifica de la siguiente manera: *...igual sección (el alambre es el mismo y del mismo grosor), pero una tiene mayor longitud que la otra.*

Entre PD#2 y PD#10, se elabora la argumentación sobre la cuestión propiamente dicha: "elegir la estufa que calefacciona más". Caracterizamos algunas de ellas.

- PD#2: se emite una conclusión, 34.E: "**la resistencia más larga calienta más**", fundamentándola explícitamente en la intuición.

A continuación, en PD#4, PD#5, PD#7 y PD#8 se elaboran justificaciones que parecerían otorgar un tinte científico a la conclusión expresada en PD#2. Transcribimos algunas líneas representativas del discurso:

- PD#4: justificación por los choques relacionados con la resistencia (65. E: *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.*)

- PD#5: justificación la transformación de energía cinética en calor, en 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***).

- PD #7: respaldan la resistencia eléctrica con una analogía entre el movimiento de un electrón y el movimiento al pasar por un embotellamiento de tránsito. (122.E: *me lo imagino como un embotellamiento, cuanto más larga es la ruta que tenés que cruzar, el embotellamiento*; 123.S: *o una calle que van todos para un lado y vos vas para el otro lado solo*; 124.E: *o sea que **cuanto más larga es la calle, más te va a costar terminar de pasar por el embotellamiento***.)

- PD #8: justificación por el mayor número de choques (140. E: *Sí al haber **más longitud, va haber mayor cantidad de choques obviamente, va haber mayor cantidad de pérdida de energía cinética***; 141. S: *que se va a transformar*; 142. E: *la energía cinética en energía que se manifiesta en forma de calor, y al ser más largo, va haber **mayor calor***)

Continúa una parte (PD#9) donde el discurso se caracteriza por emisión de dudas, interrogantes e indecisiones sin que surjan elementos básicos de construcción de 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*).

A pesar de que hacen referencia a la corriente eléctrica, no se utiliza el concepto de intensidad para establecer nexos con el problema a resolver.

- PD#10: se ratifican en su conclusión y dan razones sobre las que fundamentan su toma de decisión. Transcribimos esta parte del discurso (Cuadro 2).

Cuadro 2. Conclusión y razones sobre el problema auténtico

168.E: *compramos la más larga.*

169.I (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.*

- PD#11: Las alumnas 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 (186. S y E: *el modelo cinético molecular ...*) y afirman que el problema les motivo a pensar, (211. S: *está buenísimo, yo nunca me puse a pensar*).

3. 2. Análisis del argumento de las futuras profesoras y comparación con el referencial

Las futuras profesoras toman la decisión (Cuadro II) sobre la cuestión planteada por el *problema auténtico*: resuelven comprar la resistencia cuya longitud es más larga. Pese a que esta decisión sea alternativa, durante la discusión utilizaron conocimiento escolar involucrado en el problema, y la construcción del argumento es coherente con supuestos de inicio que subyacen durante el discurso. Este problema pone de manifiesto que operativizar los conocimientos escolares no es fácil, ni garantiza la elaboración de una toma de decisión 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, tal que sea posible comprender en base a qué argumentos toman la decisión.

Una dificultad que presenta el problema es que, a diferencia de los problemas de la ciencia escolar, no hace explícitas todas las variables siendo así que aparece la dificultad para rescatar $V=cte$ como dato. Parece surgir un problema didáctico referido a la falta de oportunidades que se dan a los alumnos para identificar y relacionar las variables.

La ausencia del dato $V=cte$ obstaculiza el razonamiento en términos de la expresión de potencia eléctrica ($P = VI$) y de la ley de Ohm ($I = V/R$). Las profesoras en formación no diferencian las distintas intensidades (I), ni consecuentemente la velocidad de arrastre, ni la energía cinética de los electrones en cada resistencia.

Además, no se proporcionan datos numéricos, les parece que las anteriores expresiones no son útiles para resolver el problema. Quizás porque las signifiquen 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.

Ante la dificultad para operativizar la potencia eléctrica y la ley de Ohm, la muestra investigada toma 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?*).

Lo anterior pone de manifiesto la potencialidad del problema para promover el discurso.

Intentan construir un modelo de conductor a partir de sus conocimientos 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 como al operativizar el conocimiento sobre el estado metálico sostienen un conocimiento que juzgan contradictorio: un metal es un buen conductor, pero a su vez este material impide el paso de los electrones más que otros materiales, 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, pero es la imagen mental que tengo*)

El problema para relacionar el modelo de conductor con el estado metálico hace que el número de *choques*, interpretado desde un modelo analógico (modelo cinético-molecular), constituya el respaldo del concepto de resistencia. (184.S: *según el modelo que nosotros tenemos en mente, no es cierto?*; 185. I: *Qué modelo tenés en mente?*; 186. S y E: *el modelo cinético-molecular!*). Reforzándose la idea de 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 estudiantes de profesorado evidencian 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 enno sé como decirlo... en calor***), a pesar de que tienen conocimiento respecto al estado de vibración de los restos atómicos. (180. 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*). Pero en vez de centrar la cuestión en el aumento de las vibraciones y el aumento de la energía térmica del material, la centran en el *choque* mismo, desde una concepción mecanicista.

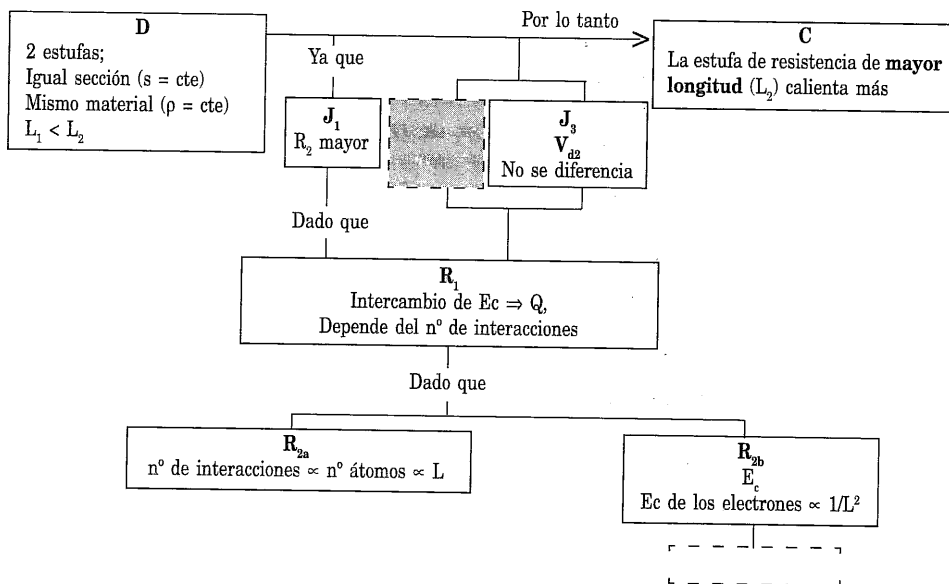
El modelo cinético-molecular les es útil en el caso de un gas (188. E: *bueno, por ejemplo que en un gas hay moléculas, partículas, átomos, tienen mayor espacio, están separadas mucho más, yo me lo imagino así,...*; 189. S: *imagine un globo, vos inflás un globo... las partículas, que pueden ser átomos*

o moléculas, tienen un movimiento caótico, y están lo más separadas posibles) y deja de serlo en el caso de un metal, puesto que vuelve a surgir el estado metálico como obstáculo (194. E: *si es un metal uniforme, de cierto material, por ejemplo cobre, son todos átomos de cobre igualitos, del mismo tamaño y están juntitos*; 195. S: *pero no están quietos, sino que están vibrando*; 196.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.

Parecería que existe conciencia de lo complejo que es explicar el intercambio de energía que plantea el problema (208. 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*; 209. 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*).

A partir de la información que surge del análisis anterior es posible realizar un esquema (Figura 4) que posibilite la comparación del argumento de la muestra investigada con el marco referencial (Esquema 3) del conocimiento académico.

Figura 4. Comparación de la argumentación de la muestra investigada con el esquema Argumentativo referencial basado en un modelo analógico (Esquema 3).



Este esquema tiene la misma estructura que el referencial (Figura 3), pero la información y el uso que se hace de ella no es la misma. Con recuadros vacíos y bordes con líneas indicamos aquellas justificaciones o respaldos que no aparecen en el discurso de las estudiantes.

Préstese atención a los recuadros \mathbf{J}_3 y \mathbf{R}_{2b} . A pesar que v_d y E_c son elementos cognitivos del discurso, 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, sesga el razonamiento y fortalece la ruta argumentativa \mathbf{J}_1 , \mathbf{R}_1 , \mathbf{R}_{2a} . Finalmente, el uso parcial del conocimiento escolar, conduce a una conclusión alternativa. Muy especialmente, señalamos la influencia que tiene en la argumentación la no operativización de I, elemento cognitivo fundamental para la resolución del problema, existiendo un vacío de justificaciones y respaldos elaborados desde el conocimiento sustantivo. Ponemos en evidencia aspectos relevantes de la construcción del argumento (Figura 4) de las estudiantes de profesorado:

- No se capta el dato de que la diferencia de potencial (V) es igual en ambos circuitos.
- No se razona en términos de potencia eléctrica.
- No se hace operativa la Ley de Ohm.
- Se presupone, implícitamente, que la intensidad de corriente (I) es igual en ambos circuitos.
- 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 satisfactoriamente para resolver el problema.
- Válidamente se considera que la velocidad de arrastre de los electrones en cada circuito es estacionaria ($v_d = cte$). Pero se sostiene, implícitamente, el presupuesto alternativo que v_d es igual en ambos circuitos.
- Considerar que $v_d = cte$, fortalece la fundamentación del razonamiento en el número de choques o roces, que es mayor cuanto más largo sea el conductor;
- Mayor intercambio de energía cinética, se fundamenta en el mayor número de átomos.

Esta forma de utilizar el conocimiento conduce a una conclusión alternativa.

El análisis del discurso pone 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 hacer explícitos los modelos que utilizan quienes lo resuelven.

3. Conclusiones e implicaciones

A través de la puesta a prueba del problema auténtico se obtuvo el registro de numerosas intervenciones que, interpretadas desde el marco referencial, permiten conocer cómo razonan y argumentan quienes resuelven la cuestión planteada.

Dado el marco de reforma educativa argentina donde el currículo valora el análisis de sistemas desde el punto de vista energético, se hubiera esperado que la diferencia de potencial (V) y la expresión de potencia eléctrica ($P=VI$) cumplieran un papel fundamental en la argumentación de estudiantes de profesorado próximas a graduarse. Sin embargo, no aparecen en el discurso.

Aún ante la ausencia del dato V , se podría razonar en términos de $P=I^2 R$, pero si se presupone que I es igual en ambos circuitos, se elabora una conclusión alternativa que conduciría, como en el caso de la muestra, a la elección de la estufa de mayor R (mayor L).

El discurso pone de manifiesto la dificultad para extraer datos no enunciados explícitamente en el problema y para utilizar leyes ante la ausencia de datos numéricos. El razonamiento de las estudiantes se centra en el dato cuya variación se hace explícita: la longitud de la resistencia.

Elaboran un razonamiento recurriendo a modelos analógicos: teoría cinético-molecular. Pero la utilización de la analogía sin identificar donde falla, sumado a la no identificación como datos de variables fundamentales para el análisis del fenómeno, trae como consecuencia un razonamiento sesgado y el uso alternativo de los conceptos.

El dominio de la estrategia de argumentación, para justificar la elección de la estufa requiere de unos conocimientos temáticos específicos (Couce et al., 1998) que incluyan información verbal, pero también conceptual, para la comprensión sustancial y por lo tanto significativa de la tarea encomendada. En el caso del *problema auténtico* que nos ocupa: energía, calor, conductor, intensidad, diferencia de potencial, resistencia, ley de Ohm, potencia eléctrica.

Por otra parte, que las estudiantes de profesorado tengan conocimiento sobre leyes y modelos físicos, y que además enseñen estos contenidos durante sus prácticas docentes, muestra la dificultad para convertir sus conocimientos científicos descriptivos y conceptuales en acciones o predicciones (Pozo y Gómez, 1998).

Surge el siguiente interrogante: Qué factores de la formación universitaria de profesorado, respecto a los componentes temáticos que requiere el problema, influyen en la construcción de su argumentación. Quizás las explicaciones o las actividades que presentan libros de texto o profesores. Quizás falte hacer operativo el conocimiento científico en situaciones reales que impliquen la captación de datos implícitos y requieran integrar el conocimiento científico aprendido.

Los resultados permiten validar el problema auténtico como instrumento de recogida de información. Además es posible otorgarle al problema valor didáctico 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 metaconocimiento de las lagunas conceptuales y la limitación de la capacidad explicativa de los modelos analógicos.

Agradecimientos

A la UN del Centro (Argentina) y a la USC (España) el convenio de cooperación.

A la DGES la financiación del proyecto (PB98-0616).

Bibliografía

- Álvarez, 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. París.
- Álvarez, V. M.; Bernal, M.; García-Rodeja, 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.
- Álvarez Pérez, V.M.; Bernal Gómez, M.A.; García-Rodeja Fernández, E. (1999) Destrezas argumentativas en la resolución de un problema de Física: "O MISTERIO DAS BURBULLAS". En Martínez Losada C, García Barros, S. *La Didáctica de las Ciencias. Tendencias Actuales.*, pp. 489-500. Servicio de Publicaciones de la Universidad de Coruña. España
- Couce, A.; Domínguez, J. M.; Álvarez, V. (1998) *Argumentación del alumnado de 2º de E.S.O. sobre un problema relacionado con la formación de sombras*. En: Martínez Losada, C. y García Barros, S. (eds) *La Didáctica de las Ciencias. Tendencias actuales*. Coruña (Galicia. España): Servicio de Publicaciones de la Universidad de la Coruña.
- Domínguez, J.M.; Illobre, M.A. (1997) ¿Cómo usamos la corriente eléctrica? Proyecto ACES: "Aprendiendo Ciencias en la Enseñanza Secundaria". Unidad N° 6. Materiales para el alumno. Servicio de Publicaciones de la Universidad de Santiago de Compostela, 207-244.
- Domínguez, J.M. (2000) *Evaluación de las formas de hacer y pensar sobre un sistema material, en el marco de la Termodinámica y del modelo de partículas. Estudio mediante esquemas de acción y de razonamiento*. Tesis Doctoral. Universidad de Santiago de Compostela

- Driver, R., Guesne, E. y Tyberghien, A. (eds.) (1990) *Ideas científicas de la infancia y de la adolescencia*. Madrid: MEC/ Morata.
- Driver, R., Squires, A.; Rushworth, P.; Wood-Robinson, V. (1994) *Making sense of secondary school*. Londres: Routledge.
- Driver, R. y Newton, P. (1997) *Establishing the norms of scientific argumentation in classrooms*. Paper presentado en la conferencia anual de ESERA, septiembre. Roma.
- Driver, R. y Newton, P. (2000). Establishing the norms of scientific argumentation in classrooms. *Science Education*, 84 (3), 287-312.
- Duschl, R.A. (1997) *Renovar la Enseñanza de las Ciencias. Importancia de las teorías y su desarrollo*. Madrid: Narcea.
- 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.; Gitomer, D. H. (1996) *Project Sepia Design Principles*. Paper presented at the annual meeting of AERA, April. New York.
- Eichinger, D.; Andersson, C.W.; Palincsar, A.S.; David, Y.M.(1991) *An illustration of the roles of Content knowledge, Scientific Argument and Social norms in Collaborative Problem-solving*. Paper presentado a la conferencia anual de AERA, abril. Chicago.
- Favieres, A.; Manrique, J.J.; Perez de Landazabal, M.C.; Varela, P. (1999) Una propuesta para enseñar electricidad en la ESO. *Alambique*. 19, 19-26.
- García de Cajén, S.B. y Domínguez Castiñeiras, J.M. (1999) *Estrategias de razonamiento en el currículo de ciencias*. Comunicación en I Congreso Nacional de Investigación Educativa. Universidad Nacional del Comahue. Cipolletti, 20 al 23 Octubre. Argentina.
- García-Rodeja, E.; Lorenzo Barral, F.; Domínguez Castiñeiras, J. M. (1994) *Proyecto AcAb, Actividades Abiertas para una Enseñanza Integrada de la Física*. Servicio de Publicaciones de la USC.
- Hierrezuelo, J. y Montero, A. (1991) *La ciencia de los alumnos*. Málaga: Elzevir.
- Halliday, D.; Resnick, R.; Krane, K. (1998) *Física* (Vol.2), 5ta. ed., Compañía Editorial Continental. México.
- 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. April. New Orleans.
- Jiménez, M. P. (1998) DISEÑO CURRICULAR: Indagación y Razonamiento con el Lenguaje de las Ciencias, *Enseñanza de las Ciencias*, 16 (2), 203-216.
- Jiménez, M^a.P., Bugallo, A., Duschl, R.A. (2000) "Doing the Lesson" or "Doing Science": Argument in High School Genetics. *Science Education*, 84, 757-792.

- Kelly, G.J.; Drucker, S. y Chen, K. (1998) Students' reasoning about electricity: combining performance assessment with argumentation analysis. *Journal Science Education*, 20 (7), 849-871.
- Lemke, J. L. (1997) *Aprender a hablar de ciencia: Lenguaje, aprendizaje y valores*. Barcelona: Paidós.
- M.C.E (Ministerio de Cultura y Educación de la Nación) (1997) *Contenidos Básicos para la Educación Polimodal*, República Argentina, 11-137 y 263-285.
- Osborne, R., Freyberg, P. (eds.) (1991) *El aprendizaje de las ciencias: implicaciones de la ciencia de los alumnos*. Madrid: Narcea.
- Perez, M.P. y Pozo, J.I. (1994) *Aprender a resolver problemas y resolver problemas para aprender*. En Pozo, J.I. (eds.) *Solución de problemas*. Madrid: Santillana.
- Pontecorvo, C. y Girardet, H. (1993) Arguing and reasoning in Understanding Historical Topics. *Cognition and Instruction*, 11 (3 y 4), 365-395.
- Pozo, J.I. y Gómez, M.A. (1998) *Aprender y enseñar ciencia. Del conocimiento cotidiano al conocimiento científico*. Morata. Madrid.
- Pro, A.; Saura, O. (1999) ¿Qué podemos mejorar de una propuesta de enseñanza de la electricidad para la ESO?, *Alambique*, 19, 27-37.
- Reigosa, C.E.; Jiménez, M.P. (2000) La cultura científica en la resolución de problemas en el laboratorio, *Enseñanza de las Ciencias*, 18 (2), 275-284.
- Rusell, Th. L. (1983) Analysing arguments in science classroom discourse: can teachers' questions distort scientific authority. *Journal of Research in Science Teaching*, 20 (1), 27-45
- Sebastia, J. M. (1993) ¿Cual brilla más?: predicciones y reflexiones acerca del brillo de las bombillas, *Enseñanza de las Ciencias*, 11 (1), 45-50, Barcelona.
- Toulmin, S. (1995) *The uses of Argument*. Nueva York: Cambridge University Press. (1.^a ed., *The uses of Argument*, 1958)
- Valcárcel, M.A., Pro, A., Banet, E., Sánchez, G. (1990) Electricidad: Circuitos Eléctricos. Cap. 2. *Problemática Didáctica del Aprendizaje de las Ciencias Experimentales*. Universidad de Murcia.
- Varela, P.; Favieres, A.; Manrique, M. J.; y Pérez de Landazabal, M. C. 1993) *Iniciación a la Física en el marco de la teoría constructivista*. Madrid: CIDE.

ANEXO

Transcripción del discurso de las estudiantes de profesorado durante la prueba piloto

Códigos de intervención: S: Sonia ; E: Emma; I: Investigador

Parte 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. I: el área.
 11. E: o sea que en definitiva el dibujo sería esto. No?...esta sería la más ancha
 12. S: y esta sería menos angosta y más larga. En definitiva el área de las dos, la superficie sería la misma.
 13. I: cuál es la sección que vos hablás?
 14. E: esta es la más angosta.
 15. I: la más angosta?..
 16. E: sí el área....
 17. I: cuál es el área que se habla?.
 18. E y S: base por altura
 19. I: ah! de la resistencia?
 20. E: Ah!... yo me imaginé un dibujo geométrico. Es el de la resistencia?...interpretamos mal.
 21. S: Sí.
 22. I: Cómo es una resistencia, a lo mejor yo les podría haber dado el dibujo.
 23. I: 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. I: área de qué en la resistencia? Cuál es el área?
 26. E y S:...?
 27. I: Es el área del alambre que se usa.
 28. S: Ah.....esta bien...
 29. I: las dos son del mismo material
 30. S: exacto ahora sí.
 31. I: 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. _____

Parte 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 mí 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.

Parte 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. I: 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 ...bha..los átomos,...con los electrones....con el material
62. I: 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 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, pero es la imagen mental que tengo
64. I: 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. I: 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 enno sé como decirlo... en calor**
72. E: **en calor**
73. S: exacto, hay una transferencia, una transformación de energía.
- Parte 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. I: me interesa!
78. S: hacé un dibujito de uno más largo haber si..
79. E: de la misma sección , el area 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: si, 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. I: 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: si, o sea, **va haber mayor cantidad de choques**
89. I: 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. I: *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. I: *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. I: *los electrones van pasando por ahí?*
98. E: *si*
99. I: *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 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. I: *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. I: *y esa resistencia mayor....*
107. E: *produce mayor calor*

Parte del Discurso 7

116. E: *yo lo que pienso de esto, es que **la resistencia sería mayor**, al tener una longitud superior a la anterior.*
117. S: *no sería mayor...esperá.*
118. E: *si, porque si vos por ejemplo te parás sobre un electrón, esto es una locura, pero bueno te parás sobre un electrón.*
119. S: *sí...*
120. 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...*
121. S: *de esta mayor longitud que en esta más chica.*
122. E: *exactamente, me lo imagino como un embotellamiento, cuanto más larga es la ruta que tenés que cruzar, el embotellamiento....*
123. S: *o una calle que van todos para un lado y vos vas para el otro lado solo*
124. E: *o sea que **cuanto más larga es la calle, más te va a costar terminar de pasar por el embotellamiento.***
125. 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.*

Parte del Discurso 8

126. E: *porque no me convence que sea más largo....tener más resistencia...va a ofrecer mayor calefacción... qué ibas a decir?*
127. S: *estoy pensando....*
128. E: *si..porque has pensando tanto...*
129. 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.*

130. 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*
131. S: *esperá, vos dijiste que acá va haber mayor resistencia en el de mayor longitud, entonces va haber más o menos choques?*
132. E: **mayor, el número de choques acá va a ser mayor.**
133. S: *va a ser mayor, entonces tenemos que verlo por la energía cinética y ahí por el calor.*
134. E: *son dos cosas distintas.*
135. S: *no, para mí no.*
136. E: *no, no lo que te digo el razonamiento, que estábamos haciendo.*
137. S: *el razonamiento llevado al calor también lo vimos y también estamos de acuerdo con esto, el que tienen **mayor longitud.***
138. E: *a lo mejor estoy equivocada, pero...*
139. I: *no, no, ya me convencieron*
140. E: *Si al haber más longitud, va haber mayor cantidad de choques obviamente, va haber mayor cantidad de pérdida de energía cinética....*
141. S: *que se va a transformar...*
142. E: *la energía cinética en una energía que se manifiesta en forma de calor y al ser **mas largo, va haber mayor calor.** Se entiende lo que digo?*
143. I: *yo sí lo entiendo....*

Parte del Discurso 10

168. I: *en limpio...cómo me explican que...*
169. E: **compramos la más larga.**
170. I: *y por qué compraron la más larga?*
171. 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.*
172. 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.***

Parte del Discurso 11

173. I: *cómo se imaginan que es esa transformación de energía, focalizando en ese momento de transformación de energía. Como es*
174. E y S: *..que la energía cinética se transforma en energía.....*
175. S: *o sea que los electrones van a perder...*
176. I: *como yo no sé, parece que es como una cosa mágica...*
177. 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*
178. S: *va corriendo, vos imaginate alguien, que va corriendo, al chocar pierde velocidad, si?*
179. 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*
180. 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*
181. I: *o sea se están moviendo, corriendo, corriendo para un lado y para otro...*
182. S: *No, están vibrando, están vibrando*
183. E: *los átomos del material, de eso estamos convencidas completamente, que tienen movimiento de vibración.*

184. S: *según el modelo que nosotros tenemos en mente, no es cierto?*
185. I: *qué modelo tenés en mente?*
186. Sy E: *el modelo cinético-molecular!...*
187. I: *...qué es eso?*
188. E: *bueno, por ejemplo que en un gas hay moléculas, partículas, átomos, tienen mayor espacio, están separadas mucho más, yo me lo imagino así,...*
189. 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*
190. I: *y acá, esto no es un gas...*
191. S: *no, no por eso.*
192. E: *para eso viene, lo del modelo que tenemos en la mente.*
193. I: *qué modelo tienen?*
194. E: *si es un metal uniforme, de cierto material, por ejemplo cobre, son todos átomos de cobre igualitos, del mismo tamaño y están juntitos.*
195. S: *pero no están quietos, sino que están vibrando*
196. 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*
197. S: *pero no están quietos..*
198. I: *..las dos me dicen que están vibrando*
199. S: *sí*
200. I: *están vibrando los átomos, y viene un electrón que lo choca...*
201. S: *y sí, porque si vos imaginate, una analogía, vos vas caminando vienen 10000 personas para mi lado y yo voy en contra*
202. E: *si estas parada....*
203. I: *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*
204. S: *si, si*
205. I: *y se produce un choque?*
206. 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*
207. S: *cómo podría ser esto? ahí me quedaría...*
208. 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.*
209. 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.*
210. I: *gracias, lo dejamos acá.*
211. S: *está buenísimo, yo nunca me puse a pensar*
212. 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.*
213. I: *es decir que a la sala de profesores me traen*
214. E: *lamas larga*
215. I: *y de esa manera a mi me convencen?*
216. E: *como colega te vamos a dar esa justificación.*