

Uso de pruebas en la argumentación de profesorado de física, cuando resuelven un problema real

Use of evidence in argumentation of physics teachers, when they solve a real problem

Silvia García de Cajén^{1*} y José Manuel Dominguez Castiñeiras²

¹Departamento de Formación Docente, Facultad de Ingeniería, Universidad del Centro. Avda. del Valle 5737. (7400). Olavarría. Provincia de Buenos Aires. Argentina.

²Departamento de Didácticas Aplicadas. Facultad de Ciencias da Educación. Universidade de Santiago de Compostela. Avda. Xoan XXIII, s/n. (15782) Santiago de Compostela. Galicia. España.

*E-mail: garciadecajen@gmail.com

Resumen

El interés que la investigación en enseñanza de las ciencias otorga al estudio del discurso y la argumentación es cada vez más creciente, en especial el que se refiere al alumnado de Secundaria y Universidad, pues la concepción del alumnado como ciudadano requiere de su alfabetización y enculturización científica. Siendo la evaluación y crítica de enunciados características de la cultura científica, surge la necesidad de que el alumnado, durante su formación, adquiera competencias para la argumentación basada en pruebas. El currículo de Educación Secundaria de la Provincia de Buenos Aires así lo indica, por lo tanto, el profesorado de Física debería ser competente en lo que se le solicita enseñar. Diversas voces del campo de la investigación didáctica señalan la importancia de formar al profesorado de ciencias en argumentación, pero aún son escasas las investigaciones sobre el nivel argumentativo del profesorado y menos aun cuando se trata de resolver problemas reales. El propósito del presente trabajo es poner en evidencia el uso de pruebas en la argumentación que realiza una muestra de profesorado de Física en ejercicio, cuando, individualmente, resuelven un problema real sobre la transformación de energía eléctrica en una resistencia óhmica.

Palabras clave: Argumentación; Uso de pruebas; Profesores de Física; Problema real; Energía eléctrica.

Abstract

The interest that research in science teaching gives to the study of discourse and argumentation is increasingly growing, especially that which refers to Secondary School and University students since the conception of students as citizens requires their literacy and scientific enculturation. As the evaluation and criticism of statements are characteristics of scientific culture, the need arises for students to acquire competencies for evidence-based argumentation during their training. The academic curriculum of Secondary Schools of the Province of Buenos Aires indicates this, therefore the Physics teachers should be competent in what they are asked to teach. Several voices in the field of didactic research point out the importance of training science teachers in argumentation, but there is still little research on the argumentative level of teachers and, even less in the context of solving real problems. The purpose of this paper is to highlight the use of evidence in the argumentation carried out by a sample of practicing Physics teachers when individually, they solve a real problem about the transformation of electrical energy into an ohmic resistance.

Keywords: Argumentation; Use of Evidence; Physics Teachers; Real Problems; Electrical Energy.

I. INTRODUCCIÓN

Durante un extenso período de tiempo la enseñanza de las ciencias se caracterizó y aun hoy en demasiadas aulas se sigue caracterizando, por la fragmentación de los contenidos enseñados y la dificultad para transferir el conocimiento a contextos reales (Duschl y Grandy, 2008). A este respecto, la didáctica de las ciencias puso de manifiesto la importancia de superar esos problemas, proponiendo enfoques CTSA (Fernández, Pires y Villamañan, 2014) o STEM (Greca y Toma, 2017) que, aunque en la actualidad se reflejan en los currículos, suelen estar ausentes en el quehacer del aula.

El año 2020 trae una pandemia mundial de COVID-19 (enfermedad por coronavirus de 2019) y la vida ciudadana sufre serios cambios. Las voces de expertos y científicos circulan por los medios de comunicación y sus discursos se instalan en las conversaciones cotidianas. Los países toman decisiones para el cuidado de la salud y argumentan por qué las toman, pero sucede que día a día cambian las pruebas en que sustentan esas argumentaciones. A su vez, la comunidad científica trabaja en el descubrimiento de una vacuna efectiva. Distintos equipos, con distintas hipótesis, traen esperanzas y refutaciones en vivo y en directo a la ciudadanía. Se viven momentos de construcción de la ciencia que muestran la provisionalidad del conocimiento, la dinámica de trabajo en equipos, los intereses en juego y la ética de estar trabajando en el descubrimiento prácticamente en simultáneo con pruebas humanas y producción industrial de la vacuna. Es un momento único para que la Naturaleza de la Ciencia (Adúriz-Bravo, 2020), con sus vetas históricas, epistemológicas y sociológicas siga presente en la enseñanza de las ciencias.

Sea para esta temática o para cualquier otra situación real donde el ciudadano debe evaluar enunciados, la práctica de la argumentación se torna central en la alfabetización científica del ciudadano, entendiendo por *argumentación* la capacidad de evaluar los datos y las pruebas para generar una conclusión científica que difiera de una mera opinión (Jiménez Aleixandre, 2010). Las pruebas para evaluar las conclusiones informadas se relacionan con la competencia para interpretarlas en el marco de articular datos y conclusiones. La utilización de las pruebas es pertinente a la *cultura científica*. Dado que la enseñanza de las ciencias tardaba en dar el paso hacia la vida real, el momento actual plantea el proceso inverso y pone al alumnado y al profesorado en situación de mostrar la competencia científica para interpretar, analizar y tomar decisiones a partir de la información suministrada o interpretada.

Según PISA (OCDE, 2006), se interpreta la *competencia científica* como la *capacidad de utilizar los conocimientos y los procesos científicos para comprender el mundo natural y para intervenir en la toma de decisiones que lo afectan*. La formación en esta competencia, implica desarrollar capacidades para *Identificar cuestiones científicas; Utilizar pruebas científicas y extraer conclusiones basadas en pruebas; Explicar fenómenos científicamente*. Cada una de estas capacidades implica saberes y procesos de la ciencia. Específicamente la capacidad de *utilizar pruebas científicas y extraer conclusiones* comprende saber: Interpretar pruebas científicas y elaborar y comunicar conclusiones; Seleccionar conclusiones alternativas en función de las pruebas; Aportar razones a favor y en contra de una conclusión determinada; Identificar los supuestos, las pruebas y los razonamientos que subyacen a las conclusiones; Reflexionar sobre las implicaciones sociales de los avances científicos y tecnológicos. Esto pone de manifiesto que el uso de pruebas es una construcción compleja de saberes que han de ser aprendidos.

El currículo de Ciencias Naturales de Secundaria de la Provincia de Buenos Aires (DGCyE, 2007) prescribe que la capacidad de argumentar basándose en evidencias debe ser aprendida y ejercitada por el alumnado. Sobre argumentación, el currículo referencia a Jiménez Aleixandre, pero el mismo currículo utiliza el término evidencias en vez de *pruebas*, que es la traducción de *evidence*. Mientras evidencia significa lo que no necesita ser probado, las pruebas se refieren a la información de datos, razones o experiencias que se utilizan para justificar una conclusión. La capacidad para usar pruebas reviste dos dimensiones (Bravo, Puig, Jiménez Aleixandre, 2009), el metaconocimiento sobre el uso de pruebas y la práctica en el uso de pruebas, que se detallan en la figura 1.

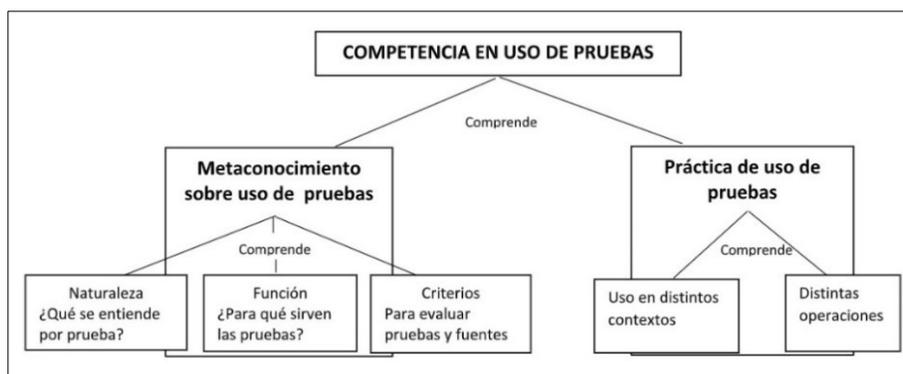


FIGURA 1: Propuesta de dimensiones en la competencia de usos de pruebas (Bravo, Puig, Jiménez Aleixandre, 2009).

Específicamente, Bravo et al (2009) entienden la *práctica o desempeño del uso de pruebas* como la capacidad para utilizar estas en la evaluación de enunciados, sean teóricos o provengan de resultados empíricos. Esta capacidad comprende el uso de pruebas en distintos contextos de construcción de conocimiento y distintas operaciones. El uso de pruebas en *distintos contextos* de construcción del conocimiento, por ejemplo, en la toma de decisiones al resolver una situación problemática o en la identificación de supuestos que sostienen una conclusión. Según sea el contexto el uso de pruebas puede implicar distintas operaciones, por ejemplo, comprensión del significado del enunciado o identificar y articular las pruebas relevantes para sostener o no una conclusión.

La investigación en enseñanza de las ciencias aporta resultados acerca de la argumentación de estudiantes de Secundaria (Eirexas y Jiménez Aleixandre, 2007; Blanco Anaya y Díaz de Bustamante, 2014; Sasseron y Pessoa de Carvalho, 2014). Se suman trabajos que indican la necesidad de formar al profesorado de ciencias en argumentación (Ramos, Stipcich, Domínguez y Mosquera, 2017). Sin embargo, aún son escasos los estudios sobre la argumentación del profesorado de ciencias (García de Cajén, Domínguez Castiñeiras y García Rodeja, 2012), cuestión que es relevante para conocer el estado de la situación de esta problemática en la formación al profesorado.

Para el análisis de las características genéricas de un argumento es posible utilizar el Patrón Argumentativo de Toulmin (TAP, siglas del título en inglés) (Toulmin, 1995). En su estructura básica distingue las categorías Datos (D), Justificaciones (J) y Conclusiones (C). Puede completarse con Respaldos (R), que soportan teóricamente a las justificaciones, y con Cualificadores Modales y Refutaciones que dan énfasis a la conclusión o marcan algunas limitaciones al enunciado que se afirma.

En este estudio, se considera primordial hacer explícito el TAP referencial científico de la investigación, desde el cual se evalúa la argumentación. Se trata de un instrumento estratégico para el estudio de las argumentaciones, ya que en la concatenación de los distintos TAP que surgen en el proceso argumentativo van quedando señales de las pruebas que se usan y cómo se usan. Luego, esa información se contrasta con el TAP referencial y se obtiene una visión sintetizadora de las pruebas científicas que utiliza o no utiliza quien argumenta.

Retomando el currículo de Secundaria, se encuentra que la Física de 4to. año se centra en la Energía. Contenido que da lugar al tratamiento de diversidad de cuestiones científico-tecnológicas, tomadas del contexto real y que convocan a argumentar mediante pruebas las decisiones tomadas. La experiencia en la enseñanza de la Física permite afirmar 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. La ciencia escolar debe responsabilizarse de la formación de estos criterios, por ejemplo, construir el criterio argumentativo sobre *por qué, entre varias estufas de diferente resistencia eléctrica, la estufa que más calienta es aquella que tiene menor resistencia*.

Poner de manifiesto el uso de pruebas requiere proponer una actividad que demande la elaboración de una conclusión a partir de los datos. Mientras en las actividades escolares generalmente los datos son suministrados en las actividades generadas a partir de situaciones reales, toma relevancia la identificación de datos implícitos. El salto epistémico entre datos y conclusión, ocurre a través de las pruebas teóricas o empíricas que sea capaz de recuperar y articular quien argumenta.

Se pretende hacer explícita la argumentación del profesorado de Física en ejercicio cuando resuelve un *problema real* (Eichenger, Andersson, Palincsar, 1991). Dicho problema se ha validado previamente como instrumento de recogida de información en el estudio de argumentaciones de profesorado en formación inicial (García de Cajén et al., 2012). El problema pone al profesorado en situación de tener que elegir entre dos estufas, que solamente difieren en la longitud de la resistencia, aquella que caliente más. Reconocer datos, usar pruebas y llegar a una conclusión, es lo esperado.

La resolución del problema planteado requiere utilizar leyes de electricidad ($R=\rho.L/s$; $I=V/R$; $P=V.I$), que el profesorado de Física conoce y enseña en Secundaria. La articulación de datos y tales leyes conduce a la conclusión de elegir la estufa con resistencia de menor longitud, según se muestra, más adelante, en el TAP referencial (figura 2). Resulta de interés conocer la argumentación del profesorado de Física, de la muestra investigada, cuando resuelven, individualmente, la problemática.

Se espera que el profesorado, muestre capacidad para utilizar el conocimiento científico en la argumentación que elabora al resolver el problema planteado. Consecuentemente, motiva avanzar en el conocimiento sobre el desempeño en el uso de pruebas que pone de manifiesto el profesorado de Física en ejercicio cuando argumenta al resolver un problema real centrado en la transformación de energía eléctrica en una resistencia óhmica.

II. METODOLOGÍA

A. Objetivo

El objetivo del presente trabajo es poner en evidencia el uso de pruebas en la argumentación que realiza una muestra de profesorado de Física en ejercicio, cuando, en forma individual, resuelven un problema real sobre la transformación de energía eléctrica en una resistencia óhmica

B. Hipótesis de trabajo

La hipótesis de trabajo sostiene que la argumentación del profesorado en ejercicio mostrará el uso de pruebas recurriendo a conocimiento básico, alejado del conocimiento científico académico deseable para resolver la situación real planteada; aunque las pruebas a utilizar sean leyes básicas de la electricidad, conocidas por el profesorado de Física.

C. Caracterización de la muestra

La muestra, motivo de investigación, se conforma con profesores en ejercicio, en situación de formación continua. De la toma de datos participan tres profesoras y un profesor que ejercen docencia en Física de Secundaria. En tabla I se los identifica bajo seudónimo y se caracteriza su formación de grado y el nivel donde desempeña docencia.

TABLA I: Caracterización del profesorado en ejercicio, de la muestra motivo de investigación.

Participante	Título de Profesorado en...	Nivel del título	Desempeño docente en...
Zulma (Z)	Matemática, Física, Cosmografía	No universitario	Secundaria Básica
Rosa (R)	Física y Química	Universitario	Secundaria Básica y Superior
Clara (C)	Física y Química	Universitario	Secundaria Básica y Superior
Oscar (O)	Física y Química.	Universitario	Secundaria Básica y Superior; Formación Profesores

En un estudio más amplio (García de Cajén, 2007) se toman datos en instancia individual y grupal. Este trabajo se centra en la instancia individual, donde cada participante docente interactúa con una estudiante de profesorado que colabora en la toma de datos, expresando los argumentos acerca de la resolución del problema real. Es estratégico el rol de la estudiante, ya que aporta a la interacción docente-alumno. Se registra el discurso en audio y se transcribe para, luego, proceder al análisis utilizando el TAP como herramienta específica para el estudio de la argumentación.

D. El instrumento de recogida de información. El problema real

Se diseña un *problema real*, dirigido al profesorado de escuelas de Provincia de Buenos Aires, partiendo de la situación cotidiana de calefaccionar los espacios escolares en invierno. Cuestión real, aunque, inverosímil en otros contextos. El texto del *problema real* (García de Cajén, 2007) plantea que... *una vez en el comercio le 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. Debe decidir cuál comprar y dar las razones en las que basa la elección.* Tal que, luego, *convenza a sus colegas que la estufa comprada calefacciona más que la otra.*

E. Referencial de investigación sobre el problema real

Se presenta aquí, el TAP referencial cuya conclusión es que se debe comprar la estufa con resistencia de menor longitud (L_1). Se destaca que la conclusión (C) se justifica a partir de que I es distinta en cada circuito ($I_1 \neq I_2$), en este caso $I_1 > I_2$, utilizando los respaldos (R) que aparecen en la figura 2.

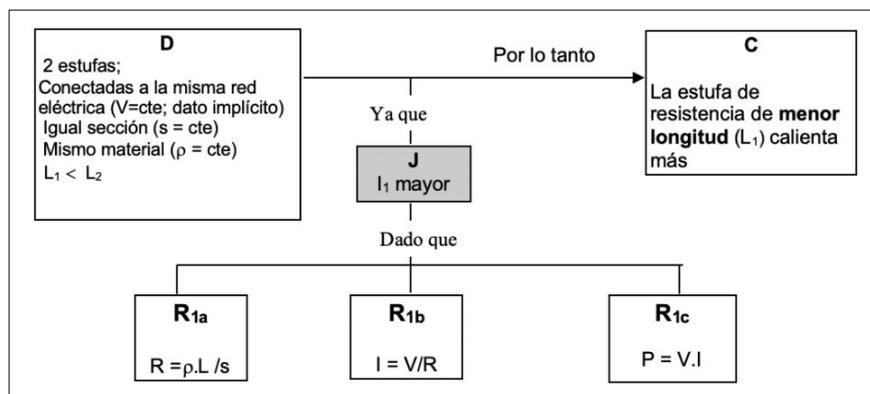


FIGURA 2: TAP referencial de investigación basado en leyes de electricidad.

El TAP muestra que del conjunto de datos (D) aportados por el texto, se infiere que se trata de dos estufas que se conectan a la red con igual diferencia de potencial ($V_1 = V_2 = cte$) y que sus resistencias son distintas ($R_1 \neq R_2$). La conclusión, elección de la estufa que calefacciona más la sala, deberá ser la estufa de resistencia de menor longitud (L_1), que se justifica (J) ya que por ella circula mayor intensidad ($I_1 > I_2$), puesto que: a) La estufa que calefacciona más es aquella por donde circula mayor I, dado que su potencia eléctrica es mayor ($P=VI$), siendo V igual; b) La intensidad de corriente I es mayor en aquel circuito donde la resistencia es menor, ley de Ohm ($I = V/R$); c) 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.

III. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

A. Episodios de la argumentación

De la aplicación del problema real a cada participante del profesorado en ejercicio, de la muestra investigada, se obtienen las líneas de intervención del discurso individual. Es posible identificar diferentes *Episodios* (Jiménez Aleixandre y López Rodríguez, 2001) en la argumentación, que se caracterizan en la Tabla II. Los episodios, por corresponder a discursos de distintos participantes, se identifican mediante un subíndice con la inicial del seudónimo de cada uno. Por ejemplo, Epz#1, indica *Episodio 1* del discurso de la profesora Zulma.

TABLA II. Episodios del discurso individual del profesorado de Física en ejercicio. Caracterización.

Episodios	Líneas de Intervención	Aspectos sobresalientes de cada Episodio del Discurso del Profesorado
Zulma		
Epz#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.
Epz#2	9-21	Toma de decisión: más larga, más calor. Justificación: L y choques
Epz#3	23-36	Corriente eléctrica, choques, resistencia como justificación de transformación de energía, marco que sustenta la decisión
Epz#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
Epz#5	50-56	Variable económica
Oscar		
Epo#1	1-4	Toma de decisión, desde punto de vista económico. Compra resistencia con L más corta.
Epo#2	5-23	Cambio de punto de vista: tamaño de la sala y <i>consumo</i> energía, en función dimensiones de R. Toma de decisión: compra resistencia con L más larga. Problema interpretar <i>sección</i> .
Epo#3	24-26	Papel de R en la transformación de la energía. Ej.: artefactos

TABLA II. (Continuación)

Episodios	Líneas de Intervención	Aspectos sobresalientes de cada Episodio del Discurso del Profesorado
Clara		
Ep _C #1	1-9	Lectura del problema. Desvalorización comprensión del profesorado no especialista en la disciplina, destinatario de la argumentación
Ep _C #2	10-11	Toma de decisión: conclusión comprar R más larga y justificación basada en la relación longitud, resistencia y cantidad de calor
Ep _C #3	12-19	Analogía con calefactor a gas. Calorías como estrategia de asociar Q con R
Ep _C #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
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: comprar con R más larga. 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 rápida
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.

B. Análisis de líneas de intervención. Identificación de uso de pruebas y comparación con referencial

El análisis de las *líneas de intervención* de cada episodio del discurso individual de cada participante, permite establecer qué pruebas se utilizan y cómo se utilizan, en relación con el TAP referencial de investigación basado en leyes de electricidad.

Se selecciona dos casos para mostrar algunas de las intervenciones más relevantes. El primero corresponde a la profesora Zulma (Z), que prácticamente no utiliza ninguna ley de electricidad y el segundo a la profesora Rosa (R), quien utiliza algunas leyes de electricidad, pero con interpretaciones alternativas. En ambos casos, los argumentos no conducen a la conclusión esperada, según la conclusión del referencial de investigación.

En la argumentación de Zulma se observa que, de inicio, enuncia que su conclusión es comprar la estufa con resistencia de mayor L. El dato variable L, es el único dato identificado y es la prueba en la que basa su decisión. Luego, defiende su conclusión utilizando un modelo analógico que, en su discurso, evidencia ideas alternativas, que no son motivo de tratamiento en este trabajo. Durante el argumento no utiliza las leyes de electricidad.

19. Z: ...**La más larga daría mayor calor**; 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 un tramo así. O sea, un tramo corto de alambre que todo el alambre largo*; 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 un tramo más corto que el que te ofrece un tramo más largo.*

En la argumentación de Rosa, se identifican los datos de la resistencia. La longitud L, en cuanto dato variable, se torna central para establecer relación de proporcionalidad entre L, R y calentamiento (Q), constituyendo esa relación la prueba para la conclusión de comprar la estufa con resistencia de mayor longitud. Este enunciado se intenta defender con la ley de Ohm, situación que de razonarla correctamente llevaría a una contradicción. Pero se acomoda la interpretación de la ley de Ohm de modo que con un razonamiento alternativo (*mayor resistencia...mayor cantidad de corriente*) se la usa como prueba para apoyar la decisión tomada.

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*; 7. R: ...**La resistencia depende de la longitud** así que supongo que a mayor longitud...**mayor R, por lo tanto elegiría la que tiene mayor longitud**; 11. R: ...*Al tener mayor longitud la resistencia...la estufa daría una calefacción mucho más rápido*; 21. R: *La resistencia también depende de la intensidad de corriente*; 23. R: *Si la ley $R=I \cdot V$...Resistencia por intensidad igual a diferencia de potencial por consiguiente a tener mayor resistencia pasaría mayor cantidad de corriente...*; 25. R: ...*yo razonaría que si tengo una longitud mayor, la resistencia sería mayor y pasaría mayor intensidad de corriente.*

Del estudio de las intervenciones individuales se identifica qué datos y prueba utiliza y qué conclusiones elabora el profesorado participante, plasmando la información en TAP individuales. En Tabla III se resume la información obtenida a partir de comparar los TAP individuales con el TAP referencial.

Tabla III: Comparación entre el uso de datos y pruebas que realiza el Profesorado en ejercicio y el uso en el referencial de investigación basado en las leyes de electricidad.

Referencial de Investigación	Zulma	Oscar	Clara	Rosa
DATOS				
V cte.	No identifica	No identifica	No identifica	No identifica
= sección	-	-	Si	Si
= material	-	-		Si
$\neq L$	Si	Si	Si	Si
JUSTIFICACION				
I mayor	-	-	-	$I \propto R$ (alternativo)
RESPALDO				
$R = \rho \cdot L / s$	$R \propto L$	$R \propto L$	$R \propto L$	$R \propto L$
$V = I \cdot R$	-	-	-	$V = I \cdot R$
$P =$ $V \cdot I$; $I^2 \cdot R$; V^2 / R	-	-	$Q \propto R$	$P \propto R$
CONCLUSION: comprar estufa con R de...				
L menor	L mayor	L mayor	L mayor	L mayor

Se observa que el profesor Oscar y la profesora Clara, coinciden con sus pares Zulma y Rosa en la conclusión alternativa que la estufa de resistencia de L mayor es la que calienta más, y lo hacen prácticamente sin usar como pruebas las leyes de la electricidad.

Es notable que la diferencia de potencial ($V = \text{cte.}$) de la red eléctrica a la que se conectan las estufas, no sea captada como dato implícito. Justamente es el dato clave para entender que el contexto del problema real es diferente al razonado en el contexto escolar, donde habitualmente se compara el calentamiento de dos resistencias de distintas longitudes conectadas en serie.

C. Uso de pruebas en contexto de problema real y operaciones

El desempeño del profesorado de Física, al argumentar sobre el problema real de transformación de energía eléctrica en una resistencia óhmica, pone en evidencia aspectos relevantes en el uso de pruebas en contexto de un problema real, como así también las operaciones realizadas.

Se nota la dificultad para reconocer que la situación tomada de la realidad plantea un contexto donde las dos estufas se conectan a la misma red eléctrica, por lo que la situación real se refiere a la conexión de circuito en paralelo. Este conocimiento es un saber ciudadano y, más aún, del profesorado de Física. Reconocer la existencia del dato implícito de V constante, es clave para comprender que la intensidad de corriente es diferente en cada resistencia y en aquella que oponga menor resistencia circulará la mayor intensidad de corriente. Es decir, en la R de menor longitud.

El contexto en el que se ubica el razonamiento docente coincide con la comparación del calentamiento entre dos resistencias distintas conectadas en serie, que se realiza en el contexto escolar. En ese caso sí, con igual intensidad de corriente, la resistencia de mayor longitud calentará más. Es posible que la habitual práctica argumentativa escolar obstaculice la captación del contexto real donde la investigación propone la construcción de conocimiento. Desde la percepción de ese contexto se elabora la conclusión sustentada en la relación $R-L-Q$ como prueba principal.

Al resolver el problema real se pone de manifiesto la dificultad en varias operaciones del uso de pruebas. Existe dificultad para la comprensión del enunciado del problema que ubica el contexto en una situación real de la red eléctrica domiciliaria. Se utiliza el dato variable L suministrado como prueba válida y prácticamente única, para la toma de decisión. La relación de R en función de sus dimensiones es la relación de electricidad preponderante para justificar la conclusión. La ley de Ohm y la Potencia eléctrica son formulaciones ajenas a la toma de decisión, o al menos fallan al no identificarse el contexto de red domiciliaria con V cte. En ningún caso se reconoce la prueba que el mayor calentamiento está relacionado con una mayor intensidad de corriente, la cual, en un circuito con V constante, ocurre con R de menor L .

IV. CONCLUSIONES

Los diseños curriculares, respaldados por la investigación educativa, señalan la importancia de la argumentación en ciencias. Es una competencia compleja que implica varias capacidades a enseñar, pero que suelen suponerse adquiridas. Entre ellas, el uso de pruebas en la evaluación de enunciados. El presente estudio aporta resultados que permiten conocer la situación docente frente a la demanda que realiza el currículo respecto a que la enseñanza de las ciencias se vea inmersa en la cultura científica.

El TAP (Toulmin, 1995) resulta ser una herramienta de utilidad para el análisis de las argumentaciones que, episodio a episodio, van dejando registro de las pruebas que se usan. Aunque la totalidad de las pruebas requeridas para llegar a la conclusión científicamente correcta son leyes de la electricidad, conocidas por los profesores, no son utilizadas como pruebas o su uso es alternativo y, finalmente, la conclusión elaborada se aleja de la esperada.

El uso de pruebas en contexto real requiere de la capacidad para reconocerlas y articularlas coherentemente en la argumentación. De alguna manera la fragmentación del conocimiento y la escasa aplicación del contenido de física a situaciones reales, posible modelo con el que se formó el profesorado, constituye un obstáculo para el desarrollo de esa capacidad. Más aún, cuando ese modelo suele perpetuarse en el aula.

La temática del problema planteado es asumida por el profesorado de Física como conocida y, en esa confianza, emiten conclusiones basadas en el razonamiento utilizado en contexto escolar. Pero ese razonamiento no es justamente el requerido en el problema real, ya que el profesorado se posiciona en razonar la situación como resistencias en serie, a pesar de que enseña y debería poseer internalizado el concepto a que las conexiones de la red eléctrica están en paralelo. También se detecta dificultad en las operaciones de reconocimiento de datos implícitos, de comprensión del problema y la prevalencia del dato variable L como prueba para la toma de decisión. A partir de L se establecen relaciones entre L - R - Q como prueba de la conclusión tomada, sin notar que es alternativa. De manera que la práctica docente en el aula de ciencias, construye un modelo que no aplica al contexto real. La dificultad puesta de manifiesto en el uso de pruebas, reafirma que el profesorado requiere de formación en las capacidades que implica la argumentación en ciencias. Más allá del conocimiento sobre leyes, habrá que considerar el bagaje de modelos argumentativos escolarizados que carga el profesorado y fallan al momento de argumentar en un contexto real.

AGRADECIMIENTOS

Silvia García de Cajén, agradece a GIDCE-Facultad de Ingeniería-UNICEN y a la Universidad de Santiago de Compostela. José Manuel Domínguez, agradece la financiación a FEDER/Ministerio de Ciencia, Innovación y Universidades-Agencia Estatal de Investigación de los proyectos: ESPIGA, referencia PGC2018-096581-B-C22 y EAMARE-STEAM, referencia EDU2017-84979-R).

REFERENCIAS

- Adúriz-Bravo, A. (2020). Enseñanza de las ciencias naturales en tiempo de pandemia. Repensando contenidos, métodos... y finalidades. *Instituto CeFIEC*, Facultad de Ciencias Exactas y Naturales, Universidad de Buenos Aires.
- Blanco Anaya, P. y Díaz de Bustamante, J. (2014). Argumentación y uso de pruebas: realización de inferencias sobre una secuencia de icnitas. *Enseñanza de las Ciencias*, 32(2), pp. 35-52.
- Bravo, B., Puig, B. y Jiménez Aleixandre, M.P. (2009). Competencias en el uso de pruebas en argumentación. *Educación Química*, 20(2), pp. 137-142. [https://doi.org/10.1016/S0187-893X\(18\)30020-X](https://doi.org/10.1016/S0187-893X(18)30020-X)
- DGCyE, Pcia. de Buenos Aires. (2007). *Diseño Curricular para 2° año (SB)*. Dirección General de Cultura y Educación.
- Duschl, R.A. y Grandy, R.E. (2008). Reconsiderando el carácter y el papel de la investigación en la ciencia escolar: enmarcando los debates. En: Duschl, R.A. y Grandy, R.E. (Eds.), *Enseñanza de la investigación científica. Recomendaciones para la investigación y la aplicación*. Rotterdam: Sense Publishers. pp. 13-17.
- 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*. Conferencia anual de AERA. Chicago

Eirexas, F. y Jiménez-Aleixandre, M.P. (2007). *¿Qué significa sostenibilidad? Pensamiento crítico y conceptos ambientales sobre energía por parte de estudiantes de 12º grado*. Documento presentado en la conferencia de ESERA, Malmo, agosto de 2007.

Fernández, I. M, Pires, D. M. y Villamañan, R. M. (2014). Educación científica con enfoque Ciencia-Tecnología- Sociedad-Ambiente. Construcción de un instrumento de análisis de las directrices curriculares. *Formación Universitaria*, 7(5), pp. 23-32. <http://dx.doi.org/10.4067/S0718-50062014000500004>

García de Cajén, S. B. (2007). *Perfiles argumentativos sobre la transformación de energía eléctrica en una resistencia óhmica: currículo, libros de texto y profesorado*. Tesis de Doctorado. Facultad de Ciencias da Educación. Servicio de Publicaciones e intercambio científico de la Universidad de Santiago de Compostela. ISBN 978-84-9750-952-7.

García de Cajén, S. B., Domínguez Castiñeiras, J. M. y García Rodeja, E. (2012). Análisis de la argumentación dialógica generada a partir de un problema auténtico sobre electricidad. *Revista Binacional Brasil Argentina*. 1(01), pp. 39-70.

Greca, I. M, Toma, R. B. (2017). Modelo interdisciplinar de educación STEM para la etapa de educación primaria. En: Cebreiros, M. I, Membiela, P., Casado, N. y Vidal, M. (Eds.). *La enseñanza de las ciencias en el actual contexto educativo*, Chapter: 64, pp. 391-395. Educación Editora. Ourense. Recuperado de: https://www.researchgate.net/publication/303919928_Modelo_interdisciplinar_de_educacion_STEM_para_la_etapa_de_Educacion_Primaria

Jiménez Aleixandre, M. P. y López Rodríguez, R. (2001). Designing a Field Code: environmental values in primary school. *Environmental Education Research*, 7(1), pp. 5-22. <https://doi.org/10.1080/13504620123830>

Jiménez Aleixandre, M. P. (2010). *10 ideas clave: Competencias en argumentación y uso de pruebas*. Barcelona: Graó.

OCDE (2006): *PISA 2006. Marco de la evaluación. Conocimientos y habilidades en Ciencias, Matemáticas y Lectura*. Madrid: Santillana Educación S.L. para la edición española.

Ramos, W. F., Stipcich, S., Domínguez, A. y Mosquera, C. J. (2017). La formación en argumentación de futuros profesores de Física: revisión de estudios actuales. *Revista de Enseñanza de la Física*, 29(Extra), pp. 121-128.

Sasseron, L. H. y Pessoa de Carvalho, A. M. (2014). A construção de argumentos em aulas de ciências: o papel dos dados, evidências e variáveis no estabelecimento de justificativas. *Ciência & Educação* vol.20(2). Recuperado de: <http://dx.doi.org/10.1590/1516-73132014000200009>

Toulmin, S. (1995). *The uses of Argument*. Nueva York: Cambridge University Press.