

Teoría Especial de la Relatividad en la escuela secundaria: perspectiva de los docentes y análisis de textos

Special Relativity Theory in High School level: perspective of teachers and text analysis

REVISTA
DE
ENSEÑANZA
DE LA
FÍSICA

Irene Arriasecq^{1,2}, Eugenia Seoane¹, Esther Cayul¹, Ileana M. Greca³

¹ECienTec, Facultad de Ciencias Exactas, Universidad Nacional del Centro de la Provincia de Buenos Aires

²CONICET

³Universidad de Burgos, España

E-mail: irenearr@exa.unicen.edu.ar

Resumen

En este trabajo se analizan, una década después de la implementación de la última reforma educativa, los resultados obtenidos en una encuesta realizada a docentes que se desempeñan en el nivel secundario y se los compara con los obtenidos en otra encuesta realizada antes de dicha reforma. El objetivo consiste en indagar las dificultades que han enfrentado los docentes que han abordado en el aula la Teoría Especial de la Relatividad (TER), los conceptos previos que consideran necesarios que el alumno haya aprendido y los textos que habitualmente consultan para preparar sus clases, como así también los que recomiendan a sus alumnos. En el caso de los docentes que nunca han desarrollado el tema en el nivel secundario, se analizan los aspectos que consideran podrían ser conflictivos desde el punto de vista de la enseñanza, del aprendizaje y los textos que consultarían tanto para la preparación de sus clases como los que recomendarían a sus alumnos. El análisis se realiza desde una perspectiva histórica, epistemológica y didáctica. Los resultados muestran que, en general, pocos docentes han abordado la TER, el libro de texto es el principal recurso didáctico y aquellos analizados no facilitarían un abordaje de la teoría acorde con las propuestas actuales en el ámbito de Naturaleza de la Ciencia. La principal dificultad por parte de los alumnos sería que no han construido conceptos significativos de mecánica clásica antes de abordar la TER.

Palabras clave: Teoría Especial de la Relatividad; Docentes de física; Enseñanza secundaria; Libros de texto.

Abstract

This paper analyzes the results of a survey carried out a decade after implementation of the last education reform with teachers working at high school level and the results are compared with those obtained in another survey conducted before the reform. The aim is to investigate the difficulties that have faced those who addressed in the classroom the Special Theory of Relativity, the previous concepts that are considered necessary for students to be learned and the texts usually that teachers consult to prepare lessons, as well as those who recommend to their students. In the case of teachers who have never developed the topic at the high school level, we analyze the issues they consider could be controversial from the point of view of teaching, learning and the texts they would consult both for the preparation of their classes as those who recommend students. The analysis is done from a historical, epistemological and didactic perspective. The results show that, in general, few teachers have addressed the TER, the textbook is the main teaching resource and those analyzed would not provide an approach to the theory in line with current proposals in the field of Nature of Science. The main difficulty for the students would be that they have not built meaningful concepts of classical mechanics.

Keywords: Special Relativity Theory; Physics teachers; High school; Text books.

I. INTRODUCCIÓN

La enseñanza de la Teoría de la Relatividad Especial (TER) se propone en los diseños curriculares de Argentina desde los años '90. En investigaciones anteriores (Arriasecq y Greca, 2004; Arriasecq y Greca, 2007; Arriasecq y Greca, 2012; Hewson, 1982; Levrini, 2002, 2014; Scherry otros, 2001; Villani y Arruda, 1998), se abordó la discusión acerca de qué elementos deberían ser tomados en consideración para presentar la TER desde una perspectiva histórica, epistemológica y socialmente contextualizada de acuerdo con ciertos consensos alcanzados en la Didáctica de las Ciencias, más específicamente en la denominada Naturaleza de la Ciencia (NdC). Fundamentalmente se acuerda en que un objetivo prioritario de la educación científica es que los estudiantes de educación secundaria logren adquirir una mejor comprensión de la NdC, la cual se considera ya una parte esencial de la educación científica (Acevedo Díaz, 2008). Como sugiere Solbes (2013), la incorporación de ciertos contenidos conceptuales, procedimentales y actitudinales de física moderna y contemporánea, entre ellos la TER, podrían generar actitudes de valoración de los desarrollos científicos y tecnológicos a la vida cotidiana. Además, el mismo autor sostiene que al mostrar las implicaciones sociales se podría favorecer la participación y la responsabilidad social de la ciudadanía en la toma de decisiones de carácter científico-tecnológico, la responsabilidad social y la toma de decisiones basada en el análisis crítico que proporciona el conocimiento científico.

Por ello, consideramos relevante realizar un estudio sobre los libros de texto que utilizan tanto docentes como alumnos en Argentina, dado que la efectiva incorporación curricular está fuertemente influenciada por los contenidos que aparecen en los libros didácticos que los profesores utilizan como referencia. Los docentes, y también los alumnos, tienden a utilizar los libros de texto como uno de los principales recursos en el proceso de enseñanza y de aprendizaje se sabe que el docente, además de elegir los textos que él mismo consulta, condiciona fuertemente los que utiliza el alumno. Como sostiene Gimeno Sacristán (1988), los libros de texto dejan de ser un recurso más para convertirse en verdaderos vertebradores de la práctica pedagógica.

Los aspectos conceptuales, epistemológicos, históricos, filosóficos y cognitivos vinculados con el surgimiento y desarrollo de la TER, analizados en las investigaciones mencionadas, fueron transformados en categorías para el análisis de los libros de texto de nivel secundario y universitario más utilizados por los docentes en la Argentina, tanto para la preparación de sus clases como aquellos recomendados a los estudiantes. En una primera etapa, se analizaron textos vigentes a partir de entrar en vigencia la reforma educativa en el marco de la Ley Federal de Educación 24.195 de 1993, de ahora en adelante R1, (Arriasecq y Greca, 2007)¹.

En el trabajo que aquí presentamos, se actualiza este análisis con textos utilizados actualmente por docentes y alumnos en diversas provincias de Argentina y que no fueron analizados en el artículo anterior (Arriasecq y Greca, 2007). El interés se centra en determinar si existen diferencias significativas a partir de la implementación de la reforma educativa realizada a partir de la promulgación de la Ley de Educación Nacional 26.206 de ahora en adelante R2, en 2006, dado que en la misma se plantean nuevos diseños curriculares que contemplan, para quinto y sexto año de la escuela secundaria orientada a Ciencias Naturales, contenidos obligatorios de Tópicos de Física Moderna, entre ellos la TER y la Mecánica Cuántica.

Otro de los objetivos planteados es analizar los conceptos previos que los docentes consideran necesarios que el alumno haya aprendido antes de abordar la TER e indagar las dificultades con que se han enfrentado los profesores que han abordado en el aula la TER en la escuela secundaria superior en la orientación de Ciencias Naturales a partir de entrar en vigencia la R2 y comparar los resultados con el estudio realizado cuando se encontraba vigente la ley R1 (Arriasecq y Greca, 2004). En el caso de los docentes que nunca han abordado la TER en sus clases, se analiza cuáles son las dificultades que suponen podrían tener los alumnos para aprender significativamente los conceptos más relevantes de dicha teoría, los textos que consultarían y los que recomendarían a sus alumnos.

¹**Textos de nivel secundario:** T1 Maiztegui, A. y Sabato, J. (1980) Introducción a la Física, Tomo I. Ed. Kapeluz: Bs As. T2 Stolberg, R y Hill, F. (1982) Física: fundamentos y fronteras. Ed. Publicaciones Cultural, S. A: México. T3: Castiglioni, R Perazzo, O., Rela A., (1983) Física 2 Ed. Troquel: Bs As. T4: Hiecht, E. (1987) Física en perspectiva. Ed. Addison-Wesley Iberoamericana: USA. T5: Rela, A. y Strajman, J. (1998) Física I: Mecánica, Ondas y Calor. Ed. Aique-. Bs As. T6: Aristegui, R. y otros (2000) Física II. Ed. Santillana, Bs As. T7: Hewitt, P. (1995) Física Conceptual. Ed Addison - Wesley Iberoamericana: USA. T8: Galinda, A. y otros (1997) Física 2° de Bachillerato. Ed. Mc Graw Hill: Madrid. T9: Peña, A. y García, J. A. (1996) Física 2° de Bachillerato. Ed. Mc Graw Hill: Madrid.

Textos de nivel universitario: T1 Tipler, P. (1996) Física. Ed. Reverte. T2: Sears, F., Zemansky, M. y Young, H. (1981) Física. Aguilar. T3: Alonso, M. y Finn, E. (1995) Física. Addison Wesley Iberoamericana. T4: Serway, R. (2001) Física, tomo 2. Mc Graw Hill: México. T5: Resnick, R. y Halliday, D. (1981) Física, parte 1. Compañía Editorial Continental, S.A: Mexico. T6: Feynman, R., Leighton, R., y Sands, M. (1971) The Feynman Lectures on Physics. Vol 1. Fondo Educativo Interamericano. S.A.

II. METODOLOGÍA

Con el objetivo de analizar cuáles son los textos que los docentes utilizan habitualmente en su práctica docente en la escuela secundaria, y cuáles recomiendan a sus alumnos, se solicitó a los doce participantes del taller “Einstein va a la escuela”, realizado en la REF 19 en 2015, que respondieran la misma encuesta que había sido realizada por docentes participantes de otro taller en REF 12 en 2001 cuando estaba vigente la R1 (Arriasecq y Greca, 2007). La encuesta consta de dos partes. Por un lado se indagó respecto de cuáles son los libros de texto que utilizan para preparar sus clases² y cuáles recomiendan a sus alumnos y, por otra parte, se analizan las dificultades que manifiestan los docentes respecto de la enseñanza y del aprendizaje de la TER.

El instrumento³ consta de dos ejes: en el primero se indaga sobre el rol que el docente le da al libro de texto en la planificación de sus clases. En este punto se analizan cuáles son los libros más consultados (de nivel secundario o universitario) tanto por aquellos profesores que abordaron la TER como los que consultarían quienes no la abordaron. Por otra parte, se analiza si la TER es un tema que formó parte de la formación de grado de los docentes, si han realizado algún curso de perfeccionamiento en ese tema y si lo han tenido que abordar en sus clases de nivel secundario. Si la respuesta es afirmativa, se indaga sobre los textos utilizados para la preparación de sus clases.

El segundo eje de análisis está constituido por preguntas abiertas que dan información respecto de las dificultades de los alumnos para abordar la TER desde la perspectiva de los docentes, de los conceptos previos que deberían comprender los estudiantes y sobre la relevancia de la incorporación de estos contenidos en los planes de estudio de la enseñanza secundaria.

Para el análisis de los textos recurrimos al “Análisis de Contenido” (Bardin, 1996). Para realizar la codificación se requiere definir el universo a analizar, las unidades de análisis y las categorías de análisis. En este trabajo, el universo está determinado por los textos de Física correspondientes al nivel secundario y universitario de enseñanza, que contienen la TER, utilizados por los docentes con posterioridad a la implementación de la última reforma educativa de 2006. Como puede observarse en el segundo pie de página, actualmente los docentes utilizan tanto los libros publicados con anterioridad como con posterioridad a la implementación de la reforma.

Las unidades de análisis utilizadas en este trabajo, resultan de los capítulos de libro donde se desarrolla el tema TER. El proceso de categorización se realiza a priori, tomando como referente los trabajos de investigación relacionados con el aprendizaje de la TER, las discusiones que se plantean en el ámbito de la comunidad científica y epistemológica respecto de la misma y los aportes de los historiadores de la ciencia. Las categorías se construyeron con aquellos aspectos del desarrollo del tema que sería deseable encontrar en los libros de texto para lograr que sean un recurso válido para propiciar un aprendizaje significativo. A continuación presentamos un resumen de estos aspectos (Un análisis más detallado en Arriasecq y Greca, 2007).

A. Indicadores y valores asignados a las categorías para analizar los libros de texto

En este apartado se plantean los valores asignados a las subcategorías que conforman cada categoría, el valor resultante de la categoría que las engloba y los indicadores que se adoptan para otorgar los respectivos valores cualitativos y cuantitativos.

Se considerarán tres valores para la categoría Contextualización histórica de la TER: adecuada, cuando todas las subcategorías lo eran (valor numérico: 2); superficial, cuando alguna de las subcategorías no era adecuada (valor numérico: 1). Y el valor “no existe”, cuando así fue el caso para todas las subcategorías, correspondiéndose el valor numérico de cero. Una adecuada contextualización histórica del surgimiento de la TER debería contemplar aspectos tales como un panorama del estado de la Física en la época en que surge la teoría y las contribuciones de investigadores que prepararon el terreno para la TER. En ese sentido podría discutirse el estado de la Física hasta 1905.

Se analizaron las siguientes subcategorías: estado de la Física cuando surge la TER y análisis del concepto de Éter. Para la primera se designaron los siguientes valores: adecuadamente descripto, cuando se analiza el Programa Mecanicista, su crisis y de la misma manera para el Programa Electromagnético. Superficialmente descripto, cuando simplemente se lo menciona. Y el valor “no se describe”, cuando no se hace referencia a los aspectos mencionados. Para la segunda subcategoría los valores asignados fueron:

²Textos de nivel secundario: T10 González, N. Luliani, L. y Muñoz, C. (2007) Física. Ed. Tinta Fresca.

Textos de nivel universitario: T7 Tipler, P. (1998). Física Preuniversitaria. Ed. Reverte. T8: Tipler, P. (2000) Física para la ciencia y la tecnología, vol. 2. Ed. Reverte. T9: Blakwood, O. y otros (1965) Física Atómica General. Ed. Eudeba. T10: Tippens, P. (2011) Física: conceptos y aplicaciones. Ed. Mc Graw Hill, 7° Edición revisada.

³ El protocolo de la encuesta puede consultarse online en el artículo publicado en la Revista Electrónica de Enseñanza de la Ciencia: http://reec.uvigo.es/volumenes/volumen3/REEC_3_2_7.pdf

adecuado, cuando se plantean las distintas concepciones de éter a lo largo de la historia hasta llegar al concepto de éter electromagnético o lumífero. Superficial, cuando sólo se menciona el éter electromagnético y sus características. Y el valor “no existe”, cuando el concepto de éter no aparece como relevante.

Para la categoría Reflexión epistemológica referida a la génesis de la TER se considerarán tres valores: adecuada, cuando más de la mitad de los valores asignados en las subcategorías correspondan a los primeros valores asignados a las subcategorías (valor numérico: 2); superficial, cuando no predomina ni el primero ni el tercero de los valores asignados a las subcategorías (valor numérico: 1). Y “no existe reflexión epistemológica” cuando más de la mitad de los valores asignados corresponde al valor numérico cero. En esta categoría se analiza si existen en el texto reflexiones acerca de la génesis de una teoría, sus contrastaciones empíricas, las aplicaciones de la misma, el rol de la comunidad científica en el desarrollo de una teoría y las influencias de la producción científica en la sociedad. Vinculados con estos aspectos planteamos las siguientes subcategorías: el rol de la experimentación en la génesis de la TER (REG), la Originalidad de la TER (OTR), la Referencia a comprobaciones experimentales de la TER (RCE) y la Referencia a aplicaciones de la TER (ATR).

Los valores que se analizaron para REG son: reflexión epistemológica adecuada del rol de la experimentación donde se discuten o mencionan las distintas posturas de los historiadores respecto del rol del experimento de Michelson en la TER. Reflexión epistemológica superficial del rol de la experimentación, cuando se sugiere que el experimento de Michelson fue el punto de partida para la TER. Y el valor “no existe reflexión del rol de la experimentación”, cuando sólo se presenta el aspecto formal de la TER y/o se menciona o describe el experimento de Michelson sin vincularlo explícitamente con la TER. Los valores analizados para la subcategoría OTR son: reflexión adecuada sobre su originalidad, cuando se discuten posibles aportes de otros científicos. Reflexión inadecuada sobre la originalidad, cuando se atribuyen todos los méritos a Einstein y no se consideran aportes de otros científicos. Y el valor “no existe reflexión”, cuando no se discute respecto de quién o quienes contribuyeron a la teoría.

En cuanto a las subcategorías RCE y ATR los valores que se analizaron son: referencia adecuada, cuando se discuten detalladamente las corroboraciones experimentales y las diversas aplicaciones de la TER. Referencia superficial, cuando sólo se menciona alguna corroboración o caso de aplicación. Y “no existe referencia”, cuando no se hace referencia a corroboraciones experimentales o aplicaciones de la TER.

Para la categoría Repercusiones de la TER en distintos ámbitos se considerarán tres valores: referencias diversas, cuando este valor se obtiene en todas las subcategorías (valor numérico: 2). Referencias escasas, cuando al menos una de las subcategorías toma el valor numérico uno. Y no existe referencia, cuando le corresponde el valor numérico cero. Para esta categoría se considera que la TER, quizás como pocas otras teorías, ha trascendido el ámbito científico para influir, en algunos casos fuertemente, otros campos del saber difícilmente imaginables por el alumno, como la filosofía (donde generó amplios debates), e incluso el arte. Como se mencionó anteriormente, el incorporar estos aspectos se contextualiza el conocimiento científico, mostrando que no es una actividad aislada y que puede modificar aspectos de la realidad insospechados.

Por tal motivo las subcategorías que se analizaron son: repercusión en el ámbito científico (RAC), Repercusiones en el ámbito de la Filosofía (RAF), Repercusiones en el ámbito del arte (RAA). Los valores que se le asignaron a cada subcategoría fueron: referencias diversas, cuando se explican las repercusiones de la TER en los distintos ámbitos. Referencias escasas, cuando sólo se menciona algún hecho puntual o se realiza un comentario superficial. Y el valor “no existe referencia”, cuando estos aspectos no se tienen en cuenta en el desarrollo de la TER.

La última categoría elaborada es: Discusiones conceptuales (DCO). Los valores que se considerarán son: reflexión didáctica profunda en el planteo del tema, cuando predomina el primer valor asignado (valor numérico: 2). Reflexión didáctica superficial en el planteo del tema, cuando no predomina ni el primero ni el tercero de los valores asignados a las subcategorías (valor numérico: 1). Y el valor “no se han tenido en cuenta consideraciones didácticas para plantear el tema”, cuando predomina el valor numérico cero.

En diversos trabajos de investigación, analizados en Arriasecq y Greca (2007), se discuten las dificultades que los alumnos de Física, e incluso graduados, tienen para comprender conceptos fundamentales de la TER. Los conceptos de la TER son interpretados desde matrices conceptuales clásicas o simplemente se memorizan algunas definiciones y fórmulas. Los resultados de las investigaciones apuntan también que no sólo los alumnos poseen errores relacionados con la TER, sino también los docentes. Creemos que es fundamental que en los libros de textos se haga referencia explícita a los siguientes aspectos: profundización de la noción de movimiento relativo en el marco de la Mecánica Clásica, discusión de los conceptos de espacio y tiempo, análisis del concepto de observador en el marco de la TER, discusión del concepto de simultaneidad y esclarecimiento de paradojas.

Las subcategorías que se analizaron son: Discusión de los conceptos de espacio y tiempo (CET), Análisis del concepto de observador en la TER (ACO), Discusión de conceptos contra intuitivos (DCC), Discusión del concepto de simultaneidad (DCS), Noción de movimiento relativo en el marco de la Mecánica Clásica (NMR) y Análisis de paradojas en la TER (APT).

Los valores que se le designaron a cada una de estas subcategorías son los siguientes: se analiza con profundidad, cuando se realiza un planteo de las perspectivas más relevantes que a lo largo de la historia se han desarrollado en diferentes ámbitos del conocimiento como intentos por interpretar los conceptos de espacio, tiempo, el concepto de observador, los conceptos contraintuitivos, el de simultaneidad, el concepto de movimiento relativo y el de análisis de paradojas. Se analiza superficialmente, cuando sólo se menciona que existieron diversas corrientes que intentaron interpretar esos conceptos. Y el valor “no existe análisis”, cuando los conceptos se presentan como nociones intuitivas que no requieren de un análisis conceptual profundo.

III. ANÁLISIS DE RESULTADOS

A. Encuesta

La elaboración e implementación de la encuesta permitió analizar dos ejes. En el primer eje se encontró que el 75% de los docentes encuestados que ejercen su profesión en distintas provincias de Argentina (Buenos Aires, Mendoza, Entre Ríos, Corrientes, Santiago del Estero y Catamarca), respondieron que utilizan libros de textos como principal recurso en la preparación de sus clases. Los tres libros más consultados son: Hewitt (1995) de nivel secundario con 41,6%, Rela y Sztrajman (1998) con 41,6% y Maiztegui y Sábato con 25%. Entre los textos de nivel universitario mencionados por los encuestados se encuentran: Resnick (1981) con 16,6%, Serway (2001) con 16,6%, Tipler (1996) con 8,3% y Alonso y Finn (1995) con 8,3%. En cuanto a los textos recomendados por los docentes a los alumnos, coinciden con los que ellos mismos utilizan para preparar sus clases y mencionan otros, no incluidos en la encuesta, tales como: González y otros (2007) con 16,6%, Rubinstein y Tignanelli (2000) con 25%, Tippens(2007) con 16,6%.

Los datos obtenidos mientras estaba vigente la R1 en relación a los libros de textos más utilizados por los docentes coinciden con el análisis de las encuestas realizadas en 2015, aunque algunos docentes comienzan a utilizar en la planificación de sus clases textos posteriores a la Reforma del año 2006 (Figuras 1 y 2 respectivamente).

Por otra parte, en los resultados se puede observar que el 75% de los profesores ha cursado en su formación de grado alguna materia que contempla la TER, aunque un mínimo porcentaje (25%) ha realizado cursos de perfeccionamiento en ese tema y un 41,66% ha abordado el contenido en el nivel secundario. En la encuesta anterior, el porcentaje de docentes que tenían formación de grado en TER era similar, un escaso número de docentes habían realizado cursos de perfeccionamiento y un 17% habían abordado el tema en sus clases. Los resultados actuales son alentadores en tanto indican que, por un lado la formación de los docentes estaría contemplando la TER en la formación de grado y, por otra parte, este contenido ha comenzado a incorporarse en los diseños curriculares.

Aquellos docentes que nunca han trabajado el tema TER en clase responden que, para abordar el tema por primera vez, consultarían textos tales como: Hewitt (16,6%), Serway (8,3%), Blakwood (1965) con el 8,3%. Algunos de los textos consultados para abordar la TER coinciden con los textos mencionados que manifiestan utilizar habitualmente y que recomendarían a sus alumnos.

Los docentes que abordaron el tema TER en la escuela secundaria (sólo cuatro de los encuestados) mencionan haber utilizado los textos: Maiztegui y Sábato, Resnik, Hewitt y Aristegui.

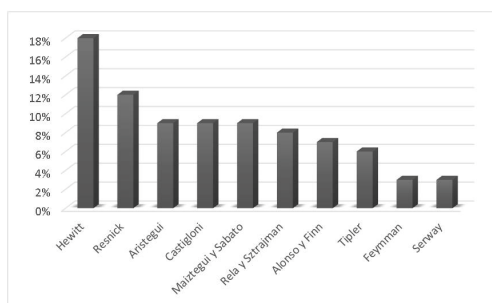


FIGURA 1. Libros de texto consultados por los docentes para la planificación de sus clases mientras estaba en vigencia la R1¹.

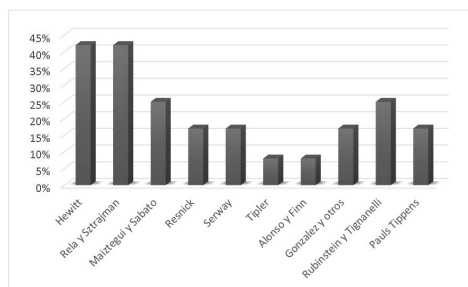


FIGURA 2. Libros de texto consultados por los docentes para la planificación de sus clases a partir de la reforma de la R2².

Para el análisis de las preguntas abiertas del segundo eje, se procedió a codificar las respuestas brindadas por los docentes. El proceso de codificación

consiste en encontrar y darle nombre a los patrones de respuesta (respuestas similares o comunes), listar esos patrones y después asignar (...) un símbolo a cada patrón (Hernández Sampieri, 1997).

Las respuestas a la pregunta referida a las posibles dificultades de los alumnos para aprender la TER se han categorizado de la siguiente forma:

- Problemas exclusivamente del alumno (16,66%): la justificación que brinda el docente respecto de las dificultades en el aprendizaje se basa en cuestiones que aluden sólo al alumno (Ej.: “les resulta complicado la relatividad”, “...tienen dificultad en lograr tener un pensamiento abstracto”)
- Comprensión del concepto sistema de referencia (8,33%): el docente considera relevante para el aprendizaje de la TER que el alumno elija adecuadamente los sistemas de referencia inerciales. (Ej.: “sistema de referencia, espacio, tiempo”)
- Conocimiento matemático insuficiente (16,66%): el docente considera que la falta de ciertos conocimientos matemáticos por parte del alumno impide el aprendizaje de la TER. (Ej.: “la matemática adecuada para abordar los temas”, “el pensamiento físico-matemático”)

En la pregunta referida a los conceptos previos del alumno que el docente considera necesarios para el aprendizaje de la TER se plantean dos categorías para analizar las respuestas:

- Importancia de constructos adecuados de mecánica clásica (33,36%): el docente considera indispensable que los alumnos hayan construido y utilicen adecuadamente conceptos de mecánica clásica para abordar la TER. (Ej.: “Todo lo de mecánica clásica, porque permite realizar analogías y diferencias entre ésta y la mecánica relativista.”)
- Cuestiones históricas y epistemológicas (8,33%): el docente atribuye las dificultades de los alumnos para comprender la TER a aspectos epistemológicos e históricos que subyacen en la misma. (Ej.: “historia de la ciencia, contexto sociocultural y epistemología”.)

La categoría que hace referencia a la importancia de incorporar la TER en secundaria, a los aportes de aprender acerca de la TER para el alumno, la relevancia del tema y la necesidad de su incorporación en los planes de estudio es:

- Evolución de los modelos en Física (16,66%): el docente considera que la TER es un tema relevante para ser abordado en la escuela secundaria dado que brinda al alumno la posibilidad de analizar que las teorías físicas evolucionan en el tiempo (Ej.: “ya estamos a más de 100 años desde la teoría y se la trabaja muy poco en estos niveles...”, “es necesario para comprender los conceptos actuales de Física”)

Después de realizar la descripción de las categorías que se elaboraron para analizar las respuestas de los docentes, y compararlas con los resultados obtenidos con las mismas categorías al realizar la encuesta durante la vigencia de la R1, se encuentran coincidencias en la mayoría de las categorías descriptas. Respecto de la representatividad (en cuanto a porcentajes obtenidos), en ambas encuestas los profesores siguen considerando que es fundamental que el alumno utilice adecuadamente las nociones de la mecánica clásica para abordar la TER y para lograr la comprensión de esta teoría. En la última encuesta realizada adquieren relevancia las categorías “Evolución de los modelos en Física”, “Problemas exclusivamente del alumno” y “Conocimiento matemático insuficiente”.

B. Libros de texto

Transcurridos diez años desde la implementación de la última reforma educativa en la Argentina, se destacan dos aspectos: el texto más utilizado por los docentes, y el que más recomiendan a sus alumnos, es Física Conceptual de Hewitt, el mismo resultado hallado cuando estaba vigente la R1 (Arriasecq y Greca, 2004). Los textos que citan los docentes, diferentes a los ya analizados para el nivel secundario en Arriasecq y Greca (2007), corresponden a Rubinstein y Tignanelli, González y otros, y Tippens de nivel universitario.

Analizando los textos en conjunto, tanto de nivel secundario como universitarios, solo la categoría CHT obtiene el máximo valor "2" en el texto "Física Pre universitaria" de Tipler. En las tablas I y II se presenta una síntesis de los resultados.

En la tabla I se muestran los valores obtenidos por los textos de nivel secundario, editados tanto durante R1 como a partir de R2, en las categorías previamente elaboradas: Contextualización histórica de la TER, Reflexión epistemológica referida a la génesis de la TER, Repercusiones de la TER en distintos ámbitos y Discusiones Conceptuales. En la Tabla II se muestra el mismo análisis con los textos de nivel universitario.

TABLA I. Textos de nivel secundario.

	CHT			RET			RTA			DCO			TOTAL		
	0	1	2	0	1	2	0	1	2	0	1	2	0	1	2
T1		*			*		*			*			2	2	-
T2	*				*		*			*			3	1	-
T3		*			*		*			*			2	2	-
T4		*			*		*			*			2	2	-
T5		*		*			*		*	*			2	2	-
T6	*			*			*			*			3	1	-
T7	*			*			*		*	*			2	2	-
T8		*		*			*			*			1	3	-
T9		*		*			*		*	*			2	2	-
T10		*		*			*		*	*			-	4	-
TOTAL	3	7	-	3	7	-	7	3	-	6	4	-			

TABLA II. Textos de nivel universitario.

	CHT			RET			RTA			DCO			TOTAL		
	0	1	2	0	1	2	0	1	2	0	1	2	0	1	2
T1		*		*			*			*			-	4	-
T2		*		*			*			*			3	1	-
T3		*		*			*			*			1	3	-
T4		*		*			*			*			1	3	-
T5		*	*	*			*		*	*			3	1	-
T6		*		*			*		*	*			1	3	-
T7			*	*			*		*	*			-	3	1
T8		*		*			*		*	*			2	2	-
T9		*		*			*		*	*			2	2	-
T10		*		*			*		*	*			-	4	-
TOTAL	-	9	1	4	6	-	6	4	-	4	6	-			

V. COMENTARIOS FINALES

Una década después de la implementación de la última reforma educativa en la Argentina, la mayor dificultad para abordar la TER, que manifiestan los docentes que respondieron la encuesta, es una inadecuada comprensión de conceptos de mecánica clásica. Fundamentalmente: sistema de referencia, espacio y tiempo. Este resultado coincide con las respuestas obtenidas en el trabajo anterior. Teniendo en cuenta que la carga horaria para Física a partir de la última reforma educativa es mayor, se esperaría que los conceptos de mecánica clásica hubieran sido construidos significativamente por los alumnos. Otro aspecto, escasamente mencionado por los docentes encuestados durante la R2, es el hecho que la TER permite trabajar sobre la noción de la evolución de los modelos en la física. En la encuesta anterior el porcentaje fue mucho mayor. Tampoco se mencionan actualmente como relevantes aspectos contra intuitivos de la TER.

El libro de texto sigue siendo el principal recurso utilizado por los docentes para preparar sus clases y coinciden con aquellos que recomiendan a sus alumnos. Aunque el libro de P. Hewitt continúa siendo el más utilizado, han comenzado a ser consultados por docentes y alumnos algunos textos editados con posterioridad a la última reforma. Sin embargo, estos nuevos libros continúan presentando la TER sin

tener en cuenta aspectos históricos, sociales y/oepistemológicos a pesar de aparecer en los documentos oficiales como aspectos importantes.

Los docentes, actualmente y a diferencia de la encuesta anterior, en su mayoría han cursado en su formación de grado alguna materia que contempla la TER, aunque son escasos los que han realizado cursos de capacitación en el tema y son también pocos los docentes que lo han trabajado en el nivel secundario, utilizando como texto de referencia uno correspondiente a ese nivel.

Desde nuestra perspectiva, consideramos necesario que los docentes tengan acceso a cursos de capacitación en TER y que se generen materiales didácticos que contemplen la perspectiva de abordaje considerada en este trabajo que posibilitaría la comprensión de los aspectos más relevantes de la TER.

REFERENCIAS

Acevedo Díaz, J.A. (2008). El estado actual de la Naturaleza de la Ciencia en la Didáctica de las Ciencias. *Revista Eureka*, 5(2),134-169.

Arriasecq, I. y Greca, I. (2004). Enseñanza de la teoría de la relatividad especial en el ciclo polimodal: dificultades manifestadas por los docentes y textos de uso habitual. *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias*, 3(2),211-227.

Arriasecq, I. y Greca, I. (2007). Approaches to Special Relativity Theory in School and University Textbooks in Argentina. *Science & Education*, 16(1),65–86.

Arriasecq, I., y Greca, I. (2012). A Teaching-Learning Sequence for the Special Relativity Theory at High School Level Historically and Epistemologically Contextualized. *Science & Education*, 21(6),827– 851.

Bardin, L. (1986). *El análisis de contenido*. Madrid: Akal.

HernandezSampieri, R., Fernández Collado, C. y Baptista Lucio, P. (1997). *Metodología de la Investigación*. Colombia:Mc Graw Hill.

Gimeno Sacristán, J. (1988). *El curriculum: una reflexión sobre la práctica*. Madrid: Ed. Morata.

Hewson P.W. (1982). A case study of conceptual change in Special Relativity. The influence of prior-knowledge in learning. *European Journal of Science Education*, 4(61),61-78.

Levrini O. (2002). The substantialist view of spacetime proposed by Minkowski and its educational implications. *Science & Education*, 11(6),601-617.

Levrini, O. (2014). The role of history and philosophy in research on teaching and learning of relativity. In *International Handbook of Research in History, Philosophy and Science Teaching*, 157-181. Springer Netherlands.

Scherr, R. E., Shaffer, P. S., yVokos, S. (2001). Student understanding of time in special relativity: Simultaneity and references frames. *American Journal of Physics*, 69(7),24-35.

Solbes, J. (2013). ¿Física contemporánea o física para la ciudadanía? *Alambique*, (75),9-17.

Villani, A. y Arruda, S. (1998). Special Theory of Relativity, conceptual change and History of Science. *Science & Education*, 7(2),85-100.