



Revista Electrónica de Investigación en
Educación en Ciencias
E-ISSN: 1850-6666
reiec@exa.unicen.edu.ar
Universidad Nacional del Centro de la
Provincia de Buenos Aires
Argentina

Vasques Brandão, Rafael; Solano Araujo, Ives; Veit, Eliane Angela; Lang da Silveira, Fernando
Validación de un cuestionario para investigar concepciones de profesores sobre ciencia y modelado
científico en el contexto de la física
Revista Electrónica de Investigación en Educación en Ciencias, vol. 6, núm. 1, julio, 2011, pp. 43-61
Universidad Nacional del Centro de la Provincia de Buenos Aires
Buenos Aires, Argentina

Disponible en: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=273319419005>

- Cómo citar el artículo
- Número completo
- Más información del artículo
- Página de la revista en redalyc.org

Validación de un cuestionario para investigar concepciones de profesores sobre ciencia y modelado científico en el contexto de la física

Rafael Vasques Brandão¹, Ives Solano Araujo¹, Eliane Angela Veit¹ y Fernando Lang da Silveira¹

rafael.brandao@ufrgs.br, ives@if.ufrgs.br, eav@if.ufrgs.br y lang@if.ufrgs.br

¹Instituto de Física, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, RS, Brasil.

Resumen

Aunque los términos ‘naturaleza de la ciencia’ y ‘modelo científico’ sean polisémicos en la Enseñanza de Ciencias, hay una especie de consenso en el área en cuanto a la importancia de la epistemología y del modelado científico en la formación de estudiantes y profesores. Por eso, diversos investigadores han dedicado esfuerzos a la enseñanza y a la investigación de esos temas. Parte de esos investigadores, así como nosotros, creen que la estrategia del modelado científico aplicada a la Enseñanza de Ciencias, además de ser una herramienta útil para la resolución de problemas, puede favorecer la construcción de una visión de ciencia adecuada a la práctica científica contemporánea. Pero una de las preguntas de investigación que sigue pendiente se refiere a los instrumentos de evaluación de las concepciones de estudiantes y profesores sobre esos temas. Dentro de ese contexto, este estudio tuvo el objetivo de validar un cuestionario para investigar en qué medida las concepciones de profesores sobre ciencia se correlacionan con las de modelado científico en el contexto de la Física. Compuesto inicialmente por 48 afirmaciones, el cuestionario fue aplicado a 218 personas. El análisis de las respuestas llevó a: a) la identificación de cuatro factores subyacentes al contenido de las afirmaciones; b) una fuerte correlación entre las concepciones sobre ciencia en general y modelado científico en Física; y c) la construcción de dos formas alternativas y equivalentes del cuestionario, cada una con 23 afirmaciones, que pueden ser útiles cuando se pretende reducir posibles efectos de test en delineamientos experimentales. Enfatizamos que un instrumento de ese tipo puede ser útil como herramienta auxiliar para la evaluación de estrategias didácticas fundamentadas en elementos teórico-metodológicos pertinentes al proceso de modelado científico que pretendan integrar contenidos de naturaleza epistemológica en la discusión sobre contenidos científicos específicos.

Palabras clave: concepciones de profesores, naturaleza de la ciencia, modelado científico.

Validating a questionnaire to investigate teachers' conceptions about science and scientific modeling in the physics context

Abstract

Although the terms of the ‘nature of science’ and ‘scientific model’ are polysemic in Science Teaching, there is a kind of consensus in the area about the importance of epistemology and scientific modeling in training students and teachers. So many researchers have devoted efforts to teaching and researching these issues. Part of these researchers, like us, believe that the strategy of scientific modeling applied to science education, more than a useful tool for solving problems, can help build a proper view of science to contemporary scientific practice. However, one of the research questions that remains open concerns the tools for assessing the conceptions of students and teachers on these topics. Within that context, this study aimed to validate a questionnaire to investigate teachers' conceptions about science and scientific modeling in physics. Initially composed of 48 statements, the questionnaire was applied to 218 subjects. An analysis of the answers resulted in: a) the identification of four factors underlying the content of statements; b) the strong correlation between teachers' conceptions about science in general and scientific modeling in physics; and c) the construction of two alternative and equivalent forms of the questionnaire, each with 23 statements, which can be useful to reduce possible effects of testing in experimental designs. We emphasize that such an instrument is an auxiliary tool for the evaluation of

teaching strategies based on theoretical and methodological elements relevant to the scientific modeling process that aims at integrating epistemological content of the discussion on specific scientific content.

Keywords: teachers' conceptions, nature of science, scientific modeling.

Validação de um questionário para investigar concepções de professores sobre ciência e modelagem científica no contexto da física

Resumo

Embora os termos ‘natureza da ciência’ e ‘modelo científico’ sejam polissêmicos no Ensino de Ciências, há uma espécie de consenso na área quanto à importância da epistemologia e da modelagem científica na formação de estudantes e professores. Por isso diversos pesquisadores têm dedicado esforços ao ensino e à pesquisa desses temas. Parte desses pesquisadores, assim como nós, acreditam que a estratégia da modelagem científica aplicada ao Ensino de Ciências, mais do que uma ferramenta útil para a resolução de problemas, pode favorecer a construção de uma visão de ciência adequada à prática científica contemporânea. Entretanto, uma das questões de pesquisa que permanece em aberto diz respeito aos instrumentos de avaliação das concepções de estudantes e professores sobre esses temas. Dentro desse contexto, este estudo teve como objetivo validar um questionário para investigar concepções de professores sobre ciência e modelagem científica no contexto da Física. Composto inicialmente por 48 afirmativas, o questionário foi aplicado a 218 respondentes. Uma análise das respostas resultou: a) na identificação de quatro fatores subjacentes ao conteúdo das afirmativas; b) numa forte correlação entre as concepções sobre ciência em geral e modelagem científica em Física; e c) na construção de duas formas alternativas e equivalentes do questionário, cada uma com 23 afirmativas, que podem ser úteis quando se pretende reduzir possíveis efeitos de testagem em delineamentos experimentais. Enfatizamos que um instrumento desse tipo, pode ser útil como ferramenta auxiliar para a avaliação de estratégias didáticas fundamentadas em elementos teórico-metodológicos pertinentes ao processo de modelagem científica que busquem integrar conteúdos de natureza epistemológica na discussão sobre conteúdos científicos específicos.

Palavras-chave: concepções de professores, natureza da ciência, modelagem científica.

Validation d'un questionnaire pour enquêter sur les conceptions des professeurs, à l'égard de la science et de la modélisation scientifique dans de contexte de la physique

Résumé

Bien que les termes ‘nature de la science’ et ‘modèle scientifique’ soient polysémiques dans l’Enseignement des Sciences, il y a une sorte de consensus dans ce domaine, en ce qui concerne l’importance de l’épistémologie et de la modélisation scientifique dans la formation des étudiants et des professeurs. Ainsi, plusieurs chercheurs ont consacré des efforts à l’enseignement et à la recherche sur ces sujets. Une partie de ces chercheurs, comme nous, croient que la stratégie de modélisation scientifique appliquée à l’Enseignement des Sciences, plus qu’un outil utile pour résoudre des problèmes, peut aider à construire une vision de la science, appropriée à la pratique scientifique contemporaine. Cependant, l’une des questions de recherche, qui reste encore ouverte, concerne les instruments pour évaluer les conceptions des élèves et des professeurs, sur ces sujets. Dans ce contexte, cette étude a visé valider un questionnaire pour enquêter sur les conceptions des professeurs, à l’égard de la science et de la modélisation scientifique dans le contexte de la Physique. Initialement composé de 48 affirmatives, le questionnaire a été administré à 218 répondants. Une analyse des réponses conduit à: a) l’identification de quatre facteurs sous-jacents au contenu de ces affirmatives; b) une forte corrélation entre les conceptions à l’égard de la science en général et la modélisation scientifique en Physique; c) la construction de deux formes alternatives et équivalentes du questionnaire, chacune avec 23 affirmatives, qui peuvent être utiles lorsqu’on prétend à réduire les possibles effets des tests sur les designs expérimentaux. Nous soulignons qu’un tel instrument peut être utile comme un outil auxiliaire, pour l’évaluation des stratégies d’enseignement, fondées sur des éléments théoriques-méthodologiques appartenant au processus de modélisation scientifique, qui cherchent à intégrer les contenus de nature épistémologique dans la discussion des contenus scientifiques spécifiques.

Mots-clés: conceptions des professeurs, nature de la science, modélisation scientifique.

1. INTRODUCCIÓN

De manera general, el conocimiento científico se les sigue presentando a los estudiantes de la Educación Básica de modo compartimentado e incuestionable. Un tratamiento excesivamente formal de los contenidos ha exigido esquemas de raciocinio que permanecen limitados al contexto escolar. Además, no son raros los libros de texto que enfatizan la existencia de un método para hacer ciencia, el método científico empírico-inductivo (Moreira y Ostermann, 1993).

Ese cuadro ha reforzado la concepción de que el conocimiento científico es sinónimo de verdad definitiva y perenne. La ciencia no es vista como una construcción humana y su progreso parece resultar de la mera acumulación de sucesivos descubrimientos y constante perfeccionamiento de las teorías. Como los profesores tienden a enseñar de la misma manera que se les enseñó a ellos, ésa pasa a ser la visión prototípica del hacer científico en la Educación Básica (Brandão, 2008).

Para cambiar ese cuadro, hay que reorientar los objetivos de la Enseñanza de Ciencias hacia una reconstrucción conceptual del hacer científico que le permita al estudiante establecer conexiones entre su mundo cotidiano y el mundo de las ciencias factuales.

Según Hodson (1992), la Enseñanza de Ciencias propicia: a) un aprendizaje ‘de la’ ciencia, por medio de la adquisición de su contenido teórico y conceptual; b) un aprendizaje ‘sobre’ ciencia, a través del entendimiento de su naturaleza y sus métodos; y c) un aprendizaje ‘del hacer’ ciencia, por medio de actividades que favorezcan el desarrollo de habilidades necesarias para la investigación científica y para la resolución de problemas.

En vista de esos propósitos para la Enseñanza de Ciencias, Justi y Gilbert (2002) defienden que la estrategia del modelado puede asumir un lugar de relieve en la educación científica, ya que: a) aprender ‘la’ ciencia significa, en gran parte, conocer los modelos concebidos por los científicos, además de las teorías, leyes, principios y conceptos utilizados en sus construcciones; b) aprender ‘sobre’ ciencia es, en cierta medida, reflexionar sobre lo que versan esos modelos, su naturaleza, funciones, limitaciones y contexto en el cual fueron concebidos; y c) aprender ‘a hacer’ ciencia también es ser capaz de construir, validar y comunicar sus propios modelos.

El presente estudio pretende contribuir a la investigación en esa área, al validar un cuestionario del tipo Likert para verificar en qué medida las concepciones de profesores sobre la ciencia se correlacionan con las del modelado científico en el contexto de la Física. Con ese fin, este estudio se sirvió de un referencial epistemológico fructífero, especialmente, para investigaciones en el campo del modelado científico aplicado a la enseñanza de Física.

Un instrumento de ese tipo puede ser útil como herramienta auxiliar para la evaluación de estrategias didácticas fundamentadas en elementos teórico-metodológicos pertinentes al proceso de modelado científico que pretendan integrar contenidos de naturaleza

epistemológica en la discusión sobre contenidos científicos específicos, tanto explícita como implícitamente (Abd-El-Khalick y Lederman, 2000).

2. BREVE REVISIÓN DE LOS INSTRUMENTOS PARA EVALUAR CONCEPCIONES Y PRINCIPALES RESULTADOS

Para delimitar el objetivo del presente instrumento de investigación, esta sección presenta una breve revisión de los principales instrumentos y resultados de investigaciones sobre las concepciones de estudiantes y profesores acerca de la ‘naturaleza de la ciencia’ y de los ‘modelos científicos’.

2.1. Instrumentos para evaluar concepciones de estudiantes y profesores acerca de la ‘naturaleza de la ciencia’

A pesar de la tendencia actual a análisis cualitativos, que hacen uso de instrumentos del tipo cuestiones abiertas y/o entrevistas, y de los recurrentes cuestionamientos en cuanto a la validez y a la confiabilidad de cuestionarios y tests estandarizados, esos instrumentos se siguen usando para investigar la comprensión de estudiantes y profesores acerca de la ‘naturaleza de la ciencia’ (Harres, 1999; Lederman, 2007; Marín y Benarroch, 2009).

La tabla 1 presenta los principales instrumentos concebidos y validados en investigaciones sobre concepciones de estudiantes y profesores acerca de ese tema, con base en el relevamiento realizado por Lederman (2007). Ese relevamiento fue complementado con otros tres instrumentos: a) ‘Inventario de Creencias Pedagógicas y Científicas de Profesores’; b) ‘Views on Science and Education Questionnaire’; y c) ‘Cuestionario de Opciones Múltiples sobre la Visión de Ciencias’.

Según Lederman (2007), los instrumentos indicados en la tabla 1 con asterisco carecen de validez de contenido¹ por presentar las siguientes características: a) la mayoría de los ítems se concentra en las aptitudes y en las habilidades del entrevistado para participar en algún tipo de proceso o investigación científica, como, por ejemplo, la capacidad para interpretar datos; b) enfatiza el dominio afectivo, valores y sentimientos, más que el conocimiento, más del 50% de los ítems se refieren a actitudes y apreciaciones sobre la ciencia y los científicos; y c) enfatiza la ciencia como institución, con poco o ningún destaque para las características epistemológicas del conocimiento científico.

Ese autor entiende también que, a pesar de la falta de consenso entre filósofos, historiadores, sociólogos y educadores de ciencias sobre el constructo ‘naturaleza de la ciencia’, es posible identificar algunos aspectos más generales asociados a la ciencia y al conocimiento científico que deberían ser conocidos por los estudiantes de la Educación Básica, tales como: a) la transitoriedad del conocimiento científico; b) su base empírica, al menos

¹ Según Silveira (1993), un instrumento (test, cuestionario, etc.) posee validez de contenido si los ítems que lo constituyen son representativos del universo que pretende representar, o si los ítems son, desde el punto de vista teórico, indicadores de la variable a ser medida, el constructo.

parcial; c) la subjetividad en la ciencia (en el sentido de que el conocimiento científico está influenciado por experiencias personales e impregnado de teoría) d) la creatividad en la ciencia; e) el contexto sociocultural de producción del conocimiento; f) las observaciones e inferencias; y g) las diferencias entre teorías y leyes científicas.

Tabla 1. Principales instrumentos sobre ‘naturaleza de la ciencia’.

Año	Instrumento	Autor(es)
1954	Science Attitude Questionnaire*	Wilson
1958	Facts About Science Test* (FAST)	Stice
1959	Science Attitude Scale*	Allen
1961	Test on Understanding Science (TOUS)	Cooley & Klopfer
1962	Processes of Science Test*	BSCS
1966	Inventory of Science Attitudes, Interests, and Appreciations*	Swan
1967	Science Process Inventory (SPI)	Welch
1967	Winconsin Inventory of Science Processes (WISP)	Scientific Literacy Research Center
1968	Science Support Scale*	Schwirian
1968	Nature of Science Scale (NOSS)	Kimball
1969	Test on the Social Aspects of Science* (TSAS)	Korth
1970	Science Attitude Inventory* (SAI)	Moore & Sutman
1974	Science Inventory* (SI)	Hungerford & Walding
1975	Nature of Science Test (NOST)	Billeh & Hasan
1975	Views of Science Test (VOST)	Hillis
1976	Nature of Scientific Knowledge Scale (NSKS)	Rubba
1978	Test of Science-Related Attitudes* (TOSRA)	Fraser
1980	Test of Enquiry Skills* (TOES)	Fraser
1981	Conception of Scientific Theories Test (COST)	Cotham & Smith
1982	Language of Science* (LOS)	Ogunniyi
1987	Views on Science-Technology-Society (VOSTS)	Aikenhead, Fleming, & Ryan
1990	Views of Nature of Science A (VNOS-A)	Lederman & O’Malley
1992	Modified Nature of Scientific Knowledge Scale (M-NSKS)	Meichtry
1995	Critical Incidents	Nott & Wellington
1997	Inventario de Creencias Pedagógicas y Científicas de Profesores (INPECIP)	Porlán, Rivero, & Martín Del Pozo
1998	Views of Nature of Science B (VNOS-B)	Abd-El-Khalick, Bell, & Lederman
2000	Views of Nature of Science C (VNOS-C)	Abd-Khalick & Lederman
2002	Views of Nature of Science D (VNOS-D)	Lederman & Khishfe
2004	Views of Nature of Science E (VNOS-E)	Lederman & Ko
2006	Views on Science and Education Questionnaire (VOSE)	Chen
2009	Cuestionario de Opciones Múltiples sobre la Visión de Ciencias (COMVDC)	Marín & Benarroch

Teniendo en cuenta la multiplicidad de enfoques posibles, en cierta medida justificada por la complejidad que implica tanto la práctica científica como la educación en ciencias, se han realizado diversos instrumentos y esfuerzos, como se observa en la tabla 1.

Entre los más recientes, es posible destacar el instrumento (VOSTS) desarrollado y validado por Aikenhead, Fleming y Ryan (1987), y posteriormente modificado por Aikenhead y Ryan (1992), constituido por 114 ítems de

preguntas tipo test para investigar concepciones de estudiantes de enseñanza secundaria sobre Ciencia-Tecnología-Sociedad.

Con el objetivo de perfeccionar los problemas apuntados por Aikenhead, Fleming y Ryan (1987) al concebir el VOSTS, y los identificados al usar el NSKS (Rubba, 1976), Lederman y O’Malley (1990) desarrollaron un instrumento (Views of Nature of Science A - VNOS-A) con siete ítems con preguntas abiertas. Ese instrumento fue concebido para combinarlo con entrevistas. Cada pregunta enfoca uno de los siete aspectos característicos de la ciencia y del conocimiento científico, según Lederman, mencionados anteriormente. Las versiones posteriores de ese instrumento (VNOS-B, C, D, E) tenían el objetivo de perfeccionar la versión original.

Nott y Wellington (1995), convencidos de que no es posible conocer las concepciones de los profesores por medio de cuestiones del tipo ¿qué es ciencia?, propusieron una serie de incidentes críticos (preguntas como ¿qué haría usted?) para simular situaciones de las clases. A partir de esos incidentes, los autores esperan que los profesores sean capaces de manifestar sus concepciones sobre la ‘naturaleza de la ciencia’ respondiendo preguntas como: ¿Qué hace usted?

Porlán, Rivero y Del Pozo (1997) validaron un inventario de 56 ítems (INPECIP) para analizar las concepciones didácticas y epistemológicas de profesores de ciencias, distribuido inicialmente en cuatro categorías: a) modelo didáctico personal; b) imagen de la ciencia; c) teoría de aprendizaje; y d) metodología de enseñanza de ciencias.

Más recientemente, Chen (2006) desarrolló y validó un cuestionario (VOSE) de 15 preguntas para evaluar concepciones de profesores sobre la naturaleza de la ciencia y actitudes con relación a la Enseñanza de Ciencias.

Por fin, destacamos el cuestionario de preguntas tipo test (COMVDC) desarrollado, validado y evaluado por Marín y Benarroch (2009) para identificar y caracterizar concepciones sobre la naturaleza de la ciencia de profesores en formación.

2.2. Resultados de investigaciones sobre concepciones de estudiantes y profesores acerca de la ‘naturaleza de la ciencia’

A pesar de las críticas justificadas sobre los instrumentos para investigar las concepciones de estudiantes y profesores sobre ‘naturaleza de la ciencia’, hay una especie de consenso en que los resultados manifiestan comprensiones inadecuadas de ese tema, tanto por parte de estudiantes como por parte de profesores.

Según Harres (1999), con base en el estudio de revisión realizado por Lederman (1992), las concepciones inadecuadas más comunes por parte de los estudiantes incluyen, entre otros aspectos: a) el hecho de que el conocimiento científico es absoluto; b) la idea de que el objetivo mayor de los científicos es descubrir leyes naturales y verdaderas; c) la falta de comprensión del papel desempeñado por la creatividad en la producción del

conocimiento; d) y por las teorías en las investigaciones; y e) la incomprendión de la relación entre teoría y experiencia.

Según el mismo autor, con base en los estudios de Lederman (1992), Koulaidis y Ogborn (1995), y Porlán y Rivero (1998), los principales resultados con relación a los profesores apuntan los siguientes aspectos: a) en general, sus concepciones sobre ‘naturaleza de la ciencia’ están próximas a una visión empirista-inductivista; b) cuando la investigación favorece, aunque minoritariamente, es posible identificar concepciones más contextualizadas y menos absolutistas de la ciencia, aunque sean distintas en varios aspectos; c) estrategias para el cambio de concepciones inadecuadas pueden tener éxito si le dan una atención especial a la historia de la ciencia o a su naturaleza; y d) tendencias a una formación homogénea pueden explicar la ausencia de relación entre formación académica, experiencia profesional y el nivel de las concepciones de los profesores.

2.3. Instrumentos para evaluar concepciones de estudiantes y profesores acerca del tema ‘modelos científicos’

De modo semejante, se han propuesto estudios de naturaleza cualitativa (Grosslight et al., 1991; Islas y Pesa, 2001; 2002; Justi y Gilbert, 2002; 2003; Crawford y Cullin, 2004) y cuantitativa (Gilbert, 1991; Smit y Finegold, 1995; Van Driel y Verloop, 1999; 2002; Treagust, Chittleborough y Mamiala, 2002; Chittleborough et al., 2005) para investigar las concepciones de profesores y estudiantes sobre modelos y modelado científico.

Como se observa, el interés de los investigadores en Enseñanza de Ciencias por el tema ‘modelos científicos’ surge al final del siglo pasado, con los trabajos de Gilbert (1991) y Grosslight et al. (1991). O sea, tiene cerca de veinte años. Pero la discusión sobre ‘naturaleza de la ciencia’, tiene cerca de 50 años. A continuación, destacamos algunos de los principales instrumentos elaborados para investigar concepciones de estudiantes y profesores sobre ‘modelos científicos’.

Smit y Finegold (1995) desarrollaron un instrumento que consiste en: a) un cuestionario del tipo Likert con 15 ítems sobre la naturaleza y la función de los modelos científicos en la Física en general y 8 ítems sobre la naturaleza y la función de dos modelos científicos de la Óptica en particular; y b) tres preguntas abiertas sobre la naturaleza y la función de los modelos científicos en la Física en general. Ese instrumento fue aplicado a 196 futuros profesores sur-africanos, estudiantes del último año de 16 universidades de África del Sur y Namibia.

Teniendo como objetivo investigar el conocimiento de profesores sobre modelos y modelado en la ciencia, Van Driel y Verloop (1999) elaboraron un cuestionario del tipo Likert con 32 ítems, abordando: a) tipos de representación; b) objetivos y funciones de los modelos; c) características de los modelos; y d) concepción y desarrollo de modelos.

Esos autores también desarrollaron otro cuestionario, del tipo Likert, con 30 ítems para investigar el conocimiento de profesores sobre enseñanza y aprendizaje de los REIEC Volumen 6 Nro. 1 Mes julio

modelos y del modelado en la educación en ciencias (Van Driel y Verloop, 2002).

Con objetivos similares, Treagust, Chittleborough y Mamiala (2002) desarrollaron un cuestionario del tipo Likert (Students' Understanding of Models in Science - SUMS) con 27 ítems para evaluar el entendimiento de 228 estudiantes de enseñanza secundaria sobre la naturaleza de los modelos, el papel de los modelos en la ciencia, incluyendo cómo y por qué son usados, y los motivos por los cuales se modifican los modelos.

Los mismos autores concibieron otro instrumento (My Views of Models and Modelling in Science - VOMMS), con seis ítems para investigar las concepciones de estudiantes de enseñanza secundaria sobre la naturaleza y los papeles descriptivo y predictivo de modelos científicos con fines didácticos (Treagust, Chittleborough y Mamiala 2004; Chittleborough et al., 2005).

2.4. Resultados de investigaciones sobre concepciones de estudiantes y profesores acerca de los ‘modelos científicos’

Islas y Pesa (2001), con base en los estudios de Gilbert (1991), Grosslight et al. (1991) y otros, resumieron algunos de los principales resultados obtenidos sobre concepciones de estudiantes, en diferentes niveles de enseñanza, acerca de los modelos científicos. Tales resultados indican que los estudiantes: a) conciben los modelos como ‘copias’ de la realidad; b) no distinguen entre el modelo y la realidad que éste representa, dificultad que tiende a acentuarse en la medida en la que la porción de la realidad se va haciendo menos accesible a la percepción; c) manejan las expresiones matemáticas relacionadas con los modelos sin reconocer las entidades físicas a que se refieren; d) no reflexionan sobre el papel del científico en la construcción de los modelos y de la comunidad científica en sus validaciones; y e) tampoco reconocen el papel de mediación de los modelos entre teoría, experiencia y simulación computacional acerca de sistemas, procesos y fenómenos de la naturaleza.

Otros autores, además de Islas y Pesa (2002), también se han interesado en investigar en qué medida los profesores de la Educación Básica están preparados para gestionar una transposición didáctica de los modelos y del modelado científico (Galagovsky y Adúriz-Bravo, 2000; Justi, 2006; Cuéllar, Gallego y Pérez, 2008; Oliva-Martínez y Aragón-Méndez, 2009; Brandão, Araujo y Veit, 2010).

Para eso, hay que conocer las concepciones de los profesores acerca de los modelos y del modelado científico que, en el contexto científico, puede ser entendido como el proceso de construcción, validación, uso y revisión de modelos científicos. Mientras que en el contexto educacional se puede entender como actividad de creación y explotación de versiones didácticas de los modelos construidos por los científicos.

Van Driel y Verloop (1999) investigaron el conocimiento de 71 profesores de ciencias (Biología, Química y Física) sobre los modelos y el modelado científico en el contexto de un proyecto de innovación curricular que enfatizó el papel y la naturaleza de los modelos científicos. Los

autores identificaron concepciones incoherentes por parte de un grupo de profesores, que integran elementos tanto de una visión positivista como de una orientación epistemológica más constructivistas acerca de los modelos científicos.

Justi y Gilbert (2003) entrevistaron 39 profesores de ciencias (Química, Física y Biología) brasileños: a) de la enseñanza primaria (10); b) de la enseñanza secundaria (10); c) estudiantes universitarios y futuros profesores (10); y d) de la enseñanza superior (9). El objetivo de la investigación era obtener informaciones con respecto a ‘noción de modelo’ de esos profesores. Con base en una lista de siete aspectos asociados a la noción de modelo en la ciencia, entre ellos, su naturaleza, uso y entidades que los componen, los autores propusieron un sistema de categorías de significados para cada uno de esos aspectos que les permitió analizar las respuestas de los profesores. Por no haber sido posible identificar diferentes perfiles de entendimiento que incluyesen todos los aspectos previamente categorizados, los resultados indican que probablemente los profesores poseen visiones ontológicas y epistemológicas incoherentes. Según Justi y Gilbert, ese resultado es apoyado por la investigación realizada por Koulaidis y Ogborn (1989) en el campo de la ‘naturaleza de la ciencia’.

Con base en esa breve revisión de la literatura, se puede concluir que se han construido diversos tipos de instrumentos para investigar las concepciones de estudiantes y profesores acerca de los constructos ‘naturaleza de la ciencia’ y ‘modelos científicos’.

2.5. ¿Por qué otro cuestionario sobre concepciones de profesores?

Aunque algunos de los instrumentos citados para investigar concepciones sobre ‘ciencia’ contengan ítems o preguntas sobre ‘modelos’, nuestra opinión es que no tratan la naturaleza, la construcción y la validación de los modelos científicos con el mismo nivel de precisión que lo hacen para los demás aspectos del conocimiento científico en general.

Tal precisión nos parece crucial para investigar en qué medida las concepciones de los profesores acerca de la ‘naturaleza de la ciencia’ están correlacionadas a sus concepciones sobre ‘modelos científicos’, a pesar de que tal correlación, por sí sola, no garantiza la posibilidad de transponer de modo adecuado conocimientos acerca de un constructo para otro, por parte de estudiantes y profesores. Por otro lado, nos parece que esos constructos tienen que estar de alguna forma relacionados.

Además, hay en la literatura una especie de consenso de que la estrategia del modelado aplicada a la enseñanza de las ciencias, más que ser una herramienta útil para la resolución de problemas, puede contribuir de forma significativa para una concepción de ciencia adecuada a la práctica científica contemporánea (Gilbert, 1991; Akerson et al., 2009), cuya esencia estaría en la creación de modelos (Bunge, 1974; Halloun, 1996; Morgan y Morrison, 1999; Giere, Bickle y Mauldin, 2006).

Hay que decir, también, que a pesar de la variedad de aspectos históricos y sociológicos involucrados en la ciencia y, como consecuencia, en el modelado científico, el contenido de las afirmaciones que componen el presente cuestionario está dirigido a sus aspectos epistemológicos, en el contexto de la Física. Con eso no se quiere decir que las dimensiones históricas y sociológicas de la ciencia y de los modelos científicos no sean importantes, sino que sus ausencias pueden ser vistas como una limitación intrínseca del instrumento de investigación.

En ese sentido, ese y los otros estudios citados no agotan la discusión de los temas en cuestión, pues hay que tener una visión crítica a respecto de las limitaciones intrínsecas de todo instrumento de investigación. Koulaidis y Ogborn (1995), por ejemplo, señalaron la falta de una definición explícita de la posición filosófica adoptada en el delineamiento de los instrumentos de investigación en muchos de los trabajos que revisaron.

3. MARCO TEÓRICO

Entre las diversas concepciones epistemológicas contemporáneas, la construcción del presente instrumento de investigación se fundamenta en el realismo científico de Mario Bunge (Bunge, 1973). La opción por esa postura filosófica se fundamenta: a) en su relevancia para una enseñanza de Física pautada en la noción de modelo científico; b) en su combate a las concepciones empiristas-inductivistas (Bunge, 2007), así como otros; y c) en su defensa del realismo ontológico, al atribuirle a la realidad una existencia independiente de la humanidad que, a su vez, busca aprehenderla conceptualmente por el pensamiento, con todas sus limitaciones para conocerla.

Según Bunge (1974), la piedra angular para el entendimiento de la actividad científica moderna es el concepto de modelo. Los modelos pueden ser entendidos como los bloques fundamentales del proceso de construcción del conocimiento científico. No obstante, el término ‘modelo’ es muy polisémico, tanto en ciencias como en educación en ciencias, causando confusión, incluso entre los investigadores de las dos áreas (Krapas et al., 1997). De ahí la importancia de explicitar el referencial teórico utilizado, como ya destacaba Lucas (1975 citado por Harres, 1999), especialmente por el hecho de que existen peculiaridades en el proceso de modelado científico que son intrínsecas a cada ciencia, como es el caso de la Física y de la Química, ya que *los modelos y el proceso de modelar en las dos áreas tienen naturalezas diferenciadas* (Greca y Santos, 2005, p. 42).

Esas autoras argumentan que, en el contexto de la enseñanza de ciencias, hay por lo menos dos fuentes generadoras de confusión en cuanto a la noción de modelo: *por una parte, en algunos casos existe una identificación casi total de modelos con analogías; por otra, la utilización de marcos teóricos oriundos de la psicología cognitiva y, con ellos, la terminología de representaciones y modelos mentales, da origen a otro foco de polisemia cuando se relacionan con los modelos y representaciones de la Ciencia* (*ibid*, p. 32).

De acuerdo con Bunge, los dos principales sentidos que deben ser considerados para el término, en las ciencias factuales de la naturaleza y del hombre, son: *el modelo como representación diagramática de un objeto concreto* y *el modelo como teoría relativa a esta idealización* (Bunge, 1974, p. 30). El primer sentido define lo que él denomina *objeto-modelo* de un objeto, de un sistema o de un hecho concreto. Este objeto-modelo puede, en principio, ser tan complejo como se quiera, pero jamás será completo y definitivo, pudiendo siempre ser revisado, corregido y apurado. El segundo sentido resume lo que el autor entiende por *modelo teórico*, cuyo referente franco es el objeto-modelo que le dio origen. Ese concepto es concebido como un *sistema hipotético-deductivo específico* y no puede ser representado de otra forma a no ser por un conjunto de hipótesis vinculadas lógicamente y expresadas preferentemente en lenguaje matemático.

Aunque desempeñen un papel fundamental en el contexto científico, las teorías generales (como, por ejemplo, la Mecánica de Newton o el Electromagnetismo de Maxwell), por sí solas, no se aplican directamente a las cosas del mundo real. En el extremo opuesto, los datos empíricos, a pesar de muy próximos a la realidad o a lo que se supone como real, no se pueden introducir directamente en sistemas teóricos lógicamente organizados para generar conocimiento. La función de los modelos es justamente mediar la relación entre teoría y realidad (Morgan y Morrison, 1999).

El modelado científico es ante todo un proceso de búsqueda de respuestas a preguntas de investigación. Según Bunge, se hace ciencia *formulando preguntas claras, imaginando modelos conceptuales de las cosas, a veces teorías generales e intentando justificar lo que se piensa y lo que se hace, sea a través de la lógica, sea a través de otras teorías, sea a través de experiencias, aclaradas por teorías* (Bunge, 1974, p. 13).

En ese proceso de teorización acerca de la realidad, los científicos adoptan diferentes puntos de vista, formulando hipótesis y construyendo objetos-modelo para el sistema físico de interés que, encajados en teorías generales o en *un cuerpo de ideas en el seno del cual se puedan establecer relaciones deductivas* (*ibid*, p. 23), se podrán constituir en modelos teóricos capaces de generar resultados que puedan ser testados por los datos empíricos provenientes de la observación y/o experimentación. Sin embargo, hay que decir que diversas áreas del conocimiento humano no poseen (o no siempre poseyeron) teorías generales.

Para Bunge, la ausencia de teorías generales y abstractas en ciertas áreas del conocimiento indica la falta y/o dificultad de una deseable madurez teórica. En esos casos, la construcción de modelos teóricos (o teorías específicas) se inicia por el extremo opuesto, a partir de algunas hipótesis muy próximas a los datos empíricos.

Pero, ¿en qué medida un modelo teórico representa un sistema físico? La adecuación de modelos teóricos a los hechos depende, entre otros factores: a) de las preguntas que pretenden responder; b) de la cantidad de informaciones disponible sobre el sistema físico de interés; c) del grado de precisión deseable en sus predicciones; y d)

de las idealizaciones y aproximaciones que asumen en sus construcciones (Portides, 2007). Ningún modelo teórico tiene la pretensión de representar completamente el sistema físico de interés. Y no lo hacen por el hecho de que son concebidos para describir, explicar y predecir específicos estándares exhibidos por la estructura y/o comportamiento de uno o más sistemas. Además, poseen un contexto de validez.

Por concentrarse en un número limitado de características relevantes, se espera que, tarde o temprano, fallen al representar otros aspectos de la realidad. En esos casos, se dice que el dominio de validez del modelo fue superado y, con frecuencia, se procura reajustar el modelo con eventuales correcciones que permitan expandir su contexto de validez. En el proceso de expansión es posible incluir referentes, variables, parámetros, relaciones y/o conceptos no considerados inicialmente. Eso ocurre por el cambio de los presupuestos teóricos, de las idealizaciones y/o aproximaciones, con el fin de suministrar explicaciones más adecuadas y/o de tornar sus resultados más precisos.

Otra práctica común entre los científicos es la generalización de esquemas conceptuales y de formalismos matemáticos para auxiliar en la descripción de fenómenos enteramente diversos del inicialmente modelado. Ese proceso tiene el objetivo de ampliar el poder representacional de objetos (o eventos)-modelo y modelos teóricos para diferentes sistemas físicos. Así, el conocimiento sobre la realidad puede ser incrementado de dos modos: i) aumentando el número de modelos teóricos, cada cual enfocando diferentes aspectos de la realidad; y ii) perfeccionando los modelos teóricos ya existentes, obteniendo descripciones cada vez mejores (fidedignas) y más amplias del mundo en el que vivimos (Bunge, 1976).

Por fin, en la medida en que todo modelo teórico es, en cierto grado, una invención, su falibilidad debe ser constantemente evaluada. La confiabilidad de los modelos debe ser guiada críticamente no sólo con tests empíricos, sino también con consideraciones de consistencia teórica. Para eso, los científicos estarían habilitados a abandonar provisionalmente la realidad con toda su riqueza y complejidad y dedicarse a la *actividad típica de la investigación científica contemporánea: la construcción de modelos teóricos y su comprobación* (Bunge, 1974, p. 30). Comprobación que no es sólo empírica, pues también implica cuestiones de naturaleza epistemológica, ontológica, metodológica y filosófica; y tampoco es definitiva, pues todo el conocimiento construido en el proceso de modelado científico es, por definición, provisional, siempre posible de revisión, corrección y perfeccionamiento.

4. METODOLOGÍA

4.1. Delineamiento del instrumento de investigación

El cuestionario a ser validado en el presente estudio empírico está compuesto por 48 ítems, de los cuales 27 expresan concepciones sobre ciencia y 21 expresan concepciones sobre modelado científico en el contexto de la Física. Los contenidos de las afirmaciones de los ítems

enfatizan cuatro temas. La tabla 2 presenta los aspectos abordados en los contenidos de las afirmaciones de cada tema.

Tabla 2. Aspectos abordados en los contenidos de las afirmaciones de cada tema del cuestionario

Tema	Aspectos abordados
Naturaleza del Conocimiento Científico (NCC)	1. Relación entre teoría y realidad 2. Falibilidad del conocimiento científico 3. Provisionalidad y progreso del conocimiento científico
Construcción y Validación del Conocimiento Científico (CVCC)	1. Importancia de los presupuestos teóricos en la observación y/o experimentación 2. Papel de la comunidad científica 3. Confrontación entre resultados teóricos y experimentales 4. Metodología científica
Naturaleza y Función de los Modelos Científicos (NFMC)	1. Carácter representacional de los modelos 2. Papel mediador de los modelos entre teoría y realidad 3. Funciones descriptiva, explicativa y predictiva de los modelos 4. Modelos científicos y la enseñanza de ciencias
Construcción y Validación de los Modelos Científicos (CVMC)	1. Relación entre modelo y teoría 2. Relación entre modelo y realidad 3. Multiplicidad de modelos 4. Generalización de modelos 5. Idealizaciones en modelaje de sistemas físicos

Con el fin de testar y ampliar la validez de contenido del instrumento, se le pidió a un grupo de tres especialistas en Enseñanza de Física, con conocimientos en epistemología, que analizasen el contenido de cada afirmación. Ninguna fue descartada como resultado de ese análisis, pero algunas tuvieron su contenido alterado, para poder alcanzar un acuerdo intersubjetivo. El cuestionario se presenta en apéndice.

4.2. El estudio empírico

La recolección de datos fue realizada en dos momentos distintos. En un primer momento, el cuestionario fue respondido por un grupo de 119 profesores brasileños que estaban iniciando un curso de posgrado en Física para la Educación Básica, en nivel de especialización. Para estar matriculado en ese curso, el profesor debía necesariamente estar impartiendo la disciplina de Física en la enseñanza secundaria o de Ciencias en la enseñanza primaria. En un segundo momento, el cuestionario fue respondido por un grupo de 99 personas, con ocasión de un encuentro regional sobre Enseñanza de Física que reunió investigadores, profesores y estudiantes universitarios brasileños.

Del total de 218² entrevistados: 50 tenían posgrado (especialización, máster o doctorado), 148 enseñanza superior completa y 20 enseñanza superior incompleta. De ellos, 86 eran hombres, 100 mujeres y 32 no informaron el sexo. En cuanto a la formación superior de los entrevistados (facultad concluida o no), 123 eran de la

facultad de Física, 48 de Matemáticas, 18 de Biología, 16 de Química o Ingeniería y 13 eran de otras facultades.

5. RESULTADOS

En esta sección no hacemos referencias a otras investigaciones ya realizadas sobre esas concepciones, ya que nuestro objetivo no es comparar nuestros resultados con los de otros autores. Lo que pretendemos es exponer el proceso de validación de un instrumento para detectar si hay o no una fuerte correlación entre las concepciones sobre ciencia en general y modelado científico en Física.

5.1. Análisis de la estructura factorial del cuestionario: afirmaciones sobre ciencia

Con el objetivo de investigar si las respuestas en las primeras 27 afirmaciones podrían ser condensadas en una única medida o en diversas medidas, se procedió a un Análisis Factorial (Mulaik, 1972) basado en las respuestas de las 218 personas que respondieron el cuestionario.

Inicialmente se sometió la matriz de correlaciones a los tests de adecuación que el paquete estadístico SPSS - Versión 16.0³ ofrece para el Análisis Factorial. La medida de adecuación KMO fue 0,89. Ese valor excede en mucho el valor mínimo de 0,5 preconizado en la literatura especializada. El test de esfericidad de Bartlett (que testeia la hipótesis de que la matriz de correlaciones obtenida haya venido de una población con correlación nula entre las 27 variables) permitió rechazar la hipótesis nula a nivel de significancia inferior a 0,00001.

Se pasó entonces al Análisis Factorial, utilizando el Método de los Componentes Principales para generar los factores primarios. Los factores primarios fueron rotados a través del Método Varimax. El criterio adoptado para la retención de esos dos factores fue el ‘criterio de los auto valores’, también denominado ‘criterio de la raíz latente’, con auto valores suficientes (cerca de 1,9 o mayor) para que el coeficiente de confiabilidad del factor resultase superior a 0,50. De esta forma, en todas las afirmaciones hay cargas factoriales⁴ mayores de 0,30 en por lo menos uno de los dos factores.

El primer factor, denominado **Ciencia 1**, agrupa 16 afirmaciones: AF01, AF03, AF04, AF06, AF07, AF10, AF11, AF12, AF14, AF15, AF17, AF19, AF20, AF23, AF25 y AF27.

El segundo factor, denominado **Ciencia 2**, agrupa 10 afirmaciones: AF05, AF08, AF09, AF13, AF16, AF18, AF21, AF22, AF24, AF26.

Entonces se decidió definir los dos factores a través de esos dos grupos de afirmaciones, siendo cada uno de los factores el puntaje total promedio en el respectivo grupo de afirmaciones. Ese análisis inicial, utilizado para la definición de los dos grupos de afirmaciones, fue complementado por un nuevo Análisis Factorial por el ‘Método de los Múltiples Grupos de Thurstone’ (Wherry,

² Especialistas en teoría de la medida sugieren que se debe adoptar la siguiente regla práctica para la realización de un análisis capaz de suministrar subsidios confiables en cuanto a la pertinencia de ítems en el cuestionario: el número de entrevistados debe ser, por lo menos, cuatro o cinco veces mayor que el número de ítems del cuestionario.

³Todos los análisis estadísticos presentados en el artículo fueron realizados con el Statistical Package for Social Sciences (SPSS).

⁴La ‘carga factorial’ de una afirmación en un factor es el coeficiente de correlación del valor en la afirmación con el valor en el factor.

1984). La tabla 3 presenta la carga factorial de cada afirmación en cada uno de los dos factores, sintetizando los resultados de ese análisis complementario.

Tabla 3. Distribución de las afirmaciones a través de los dos factores (Ciencia 1 y Ciencia 2) y las respectivas cargas factoriales

		Ciencia 1	Ciencia 2		Ciencia 1	Ciencia 2	
	AF01	0,68	0,38		AF05	0,34	0,59
	AF03	0,53	0,28		AF08	-0,07	0,40
	AF04	0,65	0,31		AF09	0,36	0,59
	AF06	0,67	0,38		AF13	0,13	0,45
	AF07	0,77	0,41		AF16	0,03	0,45
	AF10	0,77	0,42		AF18	-0,05	0,35
	AF11	0,58	0,15		AF21	0,50	0,53
	AF12	0,68	0,36		AF22	0,51	0,56
	AF14	0,61	0,26		AF24	0,45	0,58
	AF15	0,60	0,25		AF26	0,13	0,47
	AF17	0,56	0,09				
	AF19	0,65	0,25				
	AF20	0,44	0,21				
	AF23	0,64	0,33				
	AF25	0,66	0,28				
	AF27	0,68	0,38				

Por construcción, se observa en la tabla 3 que la carga factorial de cada una de las afirmaciones es mayor en el factor al cual pertenece la afirmación (carga factorial en negrito) que en el otro factor⁵. Sin embargo también se observa que algunas afirmaciones poseen cargas factoriales importantes en los dos factores; el significado de tal resultado es que afirmaciones que tienen esta condición podrían ser tomadas como medidas de más de un factor y que de hecho los dos factores están relacionados.

La tabla 4 presenta la matriz de correlaciones entre los dos factores. En la diagonal de la matriz, en negrito, se encuentra una estimación del coeficiente de confiabilidad del respectivo factor. La estimación utilizada es el coeficiente alfa (Cronbach, 1951).

Tabla 4. Coeficientes de correlación entre los dos factores y coeficiente de confiabilidad de cada factor.

	Ciencia 1	Ciencia 2
Ciencia 1	0,90	
Ciencia 2		0,65

Se observa en la tabla 4 que los factores no son independientes (ortogonales) y que el coeficiente de correlación es menor que la media geométrica de los ‘coeficientes de confiabilidad’⁶, poniendo así de manifiesto que un factor suministra información parcialmente independiente del otro factor.

La figura 1 representa en un espacio bidimensional las afirmaciones sobre ciencia con sus respectivas cargas factoriales, los ‘coeficientes de confiabilidad’ de cada

grupo de afirmaciones y el coeficiente de correlación entre los dos factores.

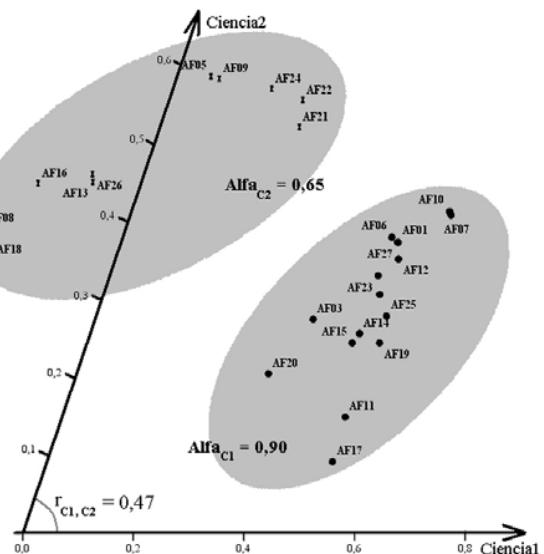


Figura 1. Representación de las cargas factoriales, coeficientes de confiabilidad y coeficiente de correlación para los dos grupos de afirmaciones sobre ciencia.

En caso que se desee construir un único puntaje para cada entrevistado en las 26 afirmaciones, el coeficiente alfa de Cronbach subestimará el coeficiente de confiabilidad de ese puntaje⁷. Un estimador más adecuado del coeficiente de confiabilidad en ese caso, según Nunnally (1978), es dado por:

$$f_T = 1 - \frac{\sum_{i=1}^k (1-f_i) \cdot S_i^2}{S_T^2}, \quad (1)$$

donde f_T es el coeficiente de confiabilidad del puntaje total, f_i es el coeficiente de confiabilidad del i -ésimo componente (aquí los componentes son sólo los dos factores, cuantificados en los puntajes totales de los respectivos grupos de afirmaciones), S_i^2 es la varianza del i -ésimo componente y S_T^2 es la varianza del puntaje total. Utilizando la expresión (1), el coeficiente de confiabilidad del puntaje total en las 26 afirmaciones es 0,90.

5.2. Significado de cada factor identificado en las afirmaciones sobre ciencia

Para atribuir significado a cada factor, hay que analizar el contenido expresado en las afirmaciones que caracterizan el factor, ya que la clasificación inicial (de la tabla 2) no es compatible con la distribución de las afirmaciones, conforme la tabla 3. Ese ‘análisis de contenido’ de las afirmaciones nos lleva a denominar cada uno de los factores como sigue:

⁷El coeficiente alfa es un ‘buen’ estimador del coeficiente de confiabilidad de un compuesto (aquí el valor total en las 26 afirmaciones) cuando el compuesto es homogéneo, unidimensional (Cronbach, 1951). Caso el compuesto no sea homogéneo (las 26 afirmaciones contienen 2 factores), el coeficiente alfa subestima el coeficiente de confiabilidad.

⁵Cargas factoriales superiores a 0,14 son estadísticamente significativas en nivel inferior a 0,05.

⁶El ‘verdadero’ coeficiente de correlación entre dos variables (coeficiente de correlación entre las dos variables, caso no haya errores de medida en ambas) es el coeficiente de correlación observado entre ellas dividido por la media geométrica de los coeficientes de confiabilidad (Lord y Novick, 1968). Así, para caracterizar que dos variables miden constructos diferentes, la media geométrica de los coeficientes de confiabilidad debe ser mayor que el coeficiente de correlación observado.

Ciencia 1 - La ciencia no riege por las concepciones empiristas-inductivistas.

Ciencia 2 - El conocimiento científico es construido, falible y corregible; la experiencia es insuficiente como criterio de validación y depende de presupuestos teóricos.

Un puntaje total medio (media aritmética de los puntajes de un entrevistado en las afirmaciones relativas al factor) superior a 3 indica que el entrevistado concuerda con el contenido explícito en el factor. Cuanto más próximo a 5 (puntaje máximo posible), mayor es la concordancia y por tanto indica una concepción de ciencia en conflicto con la epistemología empirista-inductivista. Una puntuación total media inferior a 3 indica discordancia con el contenido explícito en el factor; cuanto más próximo a 1 (puntaje mínimo posible), mayor es la discordancia.

5.3. Análisis de la estructura factorial del cuestionario: afirmaciones sobre modelos y modelado científico en el contexto de la Física

Con el objetivo de investigar si las respuestas en las últimas 21 afirmaciones se podrían resumir en una única medida o en diversas medidas, se procedió a un Análisis factorial basado en las respuestas de los 218 entrevistados.

Inicialmente se sometió la matriz de correlaciones a los tests de adecuación que el paquete estadístico SPSS ofrece para el Análisis factorial. La ‘medida de adecuación KMO’ fue 0,83. El ‘test de esfericidad de Bartlett’ permitió rechazar la hipótesis nula a nivel de significancia inferior a 0,00001.

Se pasó entonces al Análisis factorial, utilizando el ‘Método de los Componentes Principales’ para generar los factores primarios, que fueron rotados a través del ‘Método Varimax’. De nuevo el criterio adoptado para la retención de esos dos factores fue el ‘criterio de la raíz latente’, con autovalores suficientes (cerca de 1,9 o mayor) para que el coeficiente de confiabilidad del factor resultase superior a 0,50. De esta forma en todas las afirmaciones (excepto una, la variable correspondiente a las respuestas a la afirmación 41, que fue excluida) hay cargas factoriales mayores de 0,30 en por lo menos uno de los dos factores.

El primer factor, denominado **Modelo 1**, agrupa 12 afirmaciones: AF29, AF30, AF32, AF34, AF35, AF37, AF39, AF42, AF43, AF45, AF46 y AF48.

El segundo factor, denominado **Modelo 2**, agrupa 08 afirmaciones: AF28, AF31, AF33, AF36, AF38, AF40, AF44 y AF47.

Se decidió, entonces, definir los dos factores a través de esos dos grupos de afirmaciones, siendo cada uno de los factores el puntaje total medio en el respectivo grupo de afirmaciones. Ese análisis inicial también fue complementado por un nuevo Análisis factorial por el ‘Método de los Múltiples Grupos de Thurstone’. La tabla 5 presenta la carga factorial de cada afirmación en cada uno de los dos factores, sintetizando los resultados de ese análisis complementario.

Tabla 5. Distribución de las afirmaciones a través de los dos factores (Modelo 1 y Modelo 2) y las respectivas cargas factoriales.

	Modelo 1	Modelo 2		Modelo 1	Modelo 2
AF29	0,52	0,20	AF28	0,21	0,55
AF30	0,71	0,37	AF31	0,33	0,52
AF32	0,75	0,40	AF33	0,16	0,45
AF34	0,37	0,12	AF36	0,19	0,49
AF35	0,61	0,35	AF38	0,56	0,60
AF37	0,55	0,28	AF40	0,05	0,36
AF39	0,51	0,26	AF44	0,14	0,51
AF42	0,73	0,37	AF47	0,34	0,66
AF43	0,57	0,19			
AF45	0,69	0,33			
AF46	0,66	0,25			
AF48	0,52	0,19			

Por construcción, se observa en la tabla 5 que la carga factorial de cada una de las afirmaciones es mayor en el factor al cual pertenece la afirmación (carga factorial en negrito) que en el otro factor. Sin embargo, también se observa que algunas afirmaciones poseen cargas factoriales importantes en los dos factores. Como se dijo anteriormente, tales afirmaciones podrían ser tomadas como medidas de más de un factor.

La tabla 6 presenta la matriz de correlaciones entre los dos factores. En la diagonal de la matriz, en negrita, se encuentra una estimación del ‘coeficiente de confiabilidad’ del respectivo factor. La estimación utilizada es el coeficiente alfa de Cronbach.

Tabla 6. Coeficientes de correlación entre los dos factores y coeficiente de confiabilidad de cada factor.

	Modelo 1	Modelo 2
Modelo 1	0,85	
Modelo 2	0,51	0,61

Se observa en la tabla 6 que los factores no son independientes (ortogonales) y que el coeficiente de correlación es menor que la media geométrica de los ‘coeficientes de confiabilidad’, poniendo de manifiesto que un factor suministra información parcialmente independiente del otro factor.

La figura 2 representa en un espacio bidimensional las afirmaciones sobre modelos y modelado científico en el contexto de la Física con sus respectivas cargas factoriales, los ‘coeficientes de confiabilidad’ de cada grupo de afirmaciones y el coeficiente de correlación entre los dos factores.

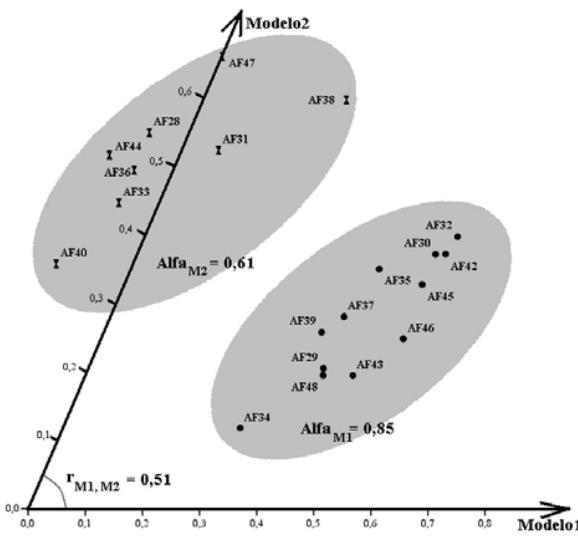


Figura 2. Representación de las cargas factoriales, coeficientes de confiabilidad y coeficiente de correlación para los dos grupos de afirmaciones sobre modelo.

El coeficiente de confiabilidad del puntaje total de las respuestas a las 20 afirmaciones sobre modelos y modelado científico, utilizando la expresión (1), es 0,85.

5.4. Significado de cada factor identificado en las afirmaciones sobre modelos y modelado científico en el contexto de la Física

Para atribuir significado a cada factor, hay que analizar los contenidos expresados en las afirmaciones que caracterizan el factor, ya que la clasificación inicial (de la tabla 2) no es compatible con la distribución de las afirmaciones conforme la tabla 5. Ese análisis de contenido de las afirmaciones nos lleva a denominar cada uno de los factores como se presenta a continuación:

Modelo 1 - Los modelos científicos no representan la realidad de forma literal y completa.

Modelo 2 - Los modelos científicos son construcciones humanas simplificadas de sistemas físicos; explicándolos de modo parcial y aproximado, simulándolos con mecanismos hipotéticos y prediciendo ciertos tipos de comportamientos.

Puntaje total medio superior a 3 indica que el entrevistado está de acuerdo con el contenido explícito en el factor; cuanto más próximo a 5, mayor es el grado de acuerdo. Puntaje total medio inferior a 3 indica que no está de acuerdo con el contenido explícito en el factor; cuanto más próximo a 1, menor es el grado de acuerdo.

5.5. Estudio de las relaciones entre los puntajes en los cuatro factores

Con el fin de investigar las relaciones entre los puntajes en los cuatro factores descritos en las secciones anteriores, se calculó la matriz de correlaciones entre los respectivos puntajes, presentada en la tabla 7.

En la diagonal de la matriz, en negrito, se encuentra la estimación del coeficiente de confiabilidad, a través del coeficiente alfa de Cronbach, para el puntaje total en cada factor. Fuera de la diagonal, en la parte inferior de la tabla 7, están los coeficientes de correlación efectivamente obtenidos entre los cuatro factores; en la parte superior de la tabla 7, en cursiva, están los coeficientes de correlación corregidos para atenuación (estimación del ‘verdadero’ coeficiente de correlación de cada pareja de variables, conforme la nota de rodapie 6). Las dos líneas inferiores de la tabla 7 presentan la media y la desviación estándar del puntaje total medio en cada factor.

Tabla 7. Matriz de correlaciones entre los cuatro factores, media y desviación estándar de los puntajes en cada factor.

	Ciencia 1	Ciencia 2	Modelo 1	Modelo 2
Ciencia 1	0,90	0,61	0,93	0,66
Ciencia 2	0,47	0,65	0,51	0,95
Modelo 1	0,81	0,38	0,85	0,71
Modelo 2	0,49	0,60	0,51	0,61
Media	3,23	3,81	3,28	3,75
Desvío Estándar	0,79	0,51	0,66	0,50

Se observa en la tabla 7 que las concepciones sobre ciencia y sobre modelos y modelado científico en el contexto de la Física están muy relacionadas, es decir, puntajes factoriales en **Ciencia 1** altos (bajos) están asociados a puntajes altos (bajos) en **Modelo 1**. Ídem para **Ciencia 2** y **Modelo 2**.

Para representar los coeficientes de correlación fuera de la diagonal, en la parte inferior de la tabla 7, la figura 3 presenta las cargas factoriales resultantes de la factoración de los cuatro puntajes, teniendo dos factores y utilizando el método de rotación Varimax.

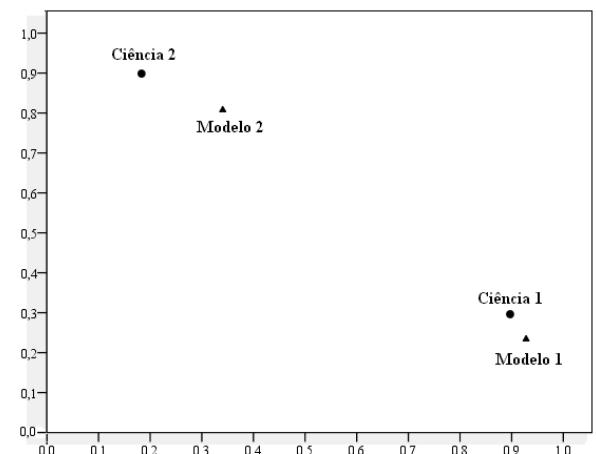


Figura 3. Representación de los coeficientes de correlación entre las cuatro puntuaciones.

El puntaje total en las 26 afirmaciones sobre ciencia (cuyo coeficiente de confiabilidad es 0,90) presenta un coeficiente de correlación de 0,80 con el puntaje total en las 20 afirmaciones sobre modelos y modelado científico (cuyo coeficiente de confiabilidad es 0,85). La estimación del ‘verdadero’ coeficiente de correlación entre esas dos variables es 0,91, mostrando de esa forma una fuerte

asociación entre las concepciones relativas al conocimiento científico y las relativas a modelos y modelado científico.

El puntaje total en el cuestionario como un todo, es decir, calculado sobre las respuestas en las 46 afirmaciones, utilizando la expresión (1), tiene un coeficiente de confiabilidad de 0,93.

Como se dijo al inicio de este apartado, el objetivo del presente estudio no es comparar nuestros resultados acerca de las concepciones de profesores con los de otros autores. Sin embargo, es posible identificar un aspecto interesante con relación a éstos, como se puede observar en la tabla 8, que resultó de un Análisis de Agrupación, utilizando al procedimiento *TwoStep Cluster Analysis*, resultando en dos agrupamientos, dando lugar a dos grupos.

Tabla 8. Perfiles de las agrupaciones obtenidos.

Factor	Agrupación 1 (N=61)		Agrupación 2 (N=157)	
	Media	Desvió estándar	Media	Desvió estándar
Ciencia 1	4,13	0,53	2,88	0,57
Ciencia 2	4,26	0,42	3,61	0,41
Modelo 1	4,04	0,41	2,98	0,47
Modelo 2	4,30	0,35	3,53	0,36

Como se observa de la tabla 8, aproximadamente 72% (N=157) de la muestra de profesores analizados, correspondientes a la agrupación 2, no están de acuerdo, aunque no se trate de un desacuerdo total, con el significado atribuido a los factores **Ciencia 1** y **Modelo 1**; al mismo tiempo concuerdan, aunque no totalmente, con el contenido expresado en los factores **Ciencia 2** y **Modelo 2**.

Ese resultado pone de manifiesto que tales profesores presentan concepciones incoherentes, en la medida en que: a) manifiestan concordancia con aspectos que están en línea con posturas más constructivistas acerca de la ‘ciencia’ y del ‘modelado científico’; y b) discordan de una posición filosófica contraria a la concepción empirista-inductivista de la ciencia y al hecho de que los modelos científicos no representan la realidad tal como se presenta.

Tal resultado corrobora los encontrados por Van Driel y Verloop (1999) y Justi y Gilbert (2003) sobre concepciones de profesores acerca de modelos científicos, y por Koulaidis y Ogborn (1989) acerca de la ‘naturaleza de la ciencia’.

5.6. Formas equivalentes del cuestionario

Con el objetivo de reducir el número de ítems a responder, se construyeron dos formas alternativas y equivalentes⁸ del cuestionario, cada una con 23 afirmaciones. Además de contribuir para que el trabajo de responder sea menos extenso y aburrido, hay otras razones para desechar dos formas equivalentes del cuestionario:

1 - La existencia de dos formas equivalentes permite de manera simple e inmediata, una estimativa del coeficiente de confiabilidad de cada forma y también del cuestionario total. La estimación del coeficiente de confiabilidad de

cada forma es simplemente el coeficiente de correlación entre los puntajes totales en las dos formas (Nunnally, 1978).

2 - Es extremadamente deseable tener dos formas del mismo instrumento, pues, en el caso de que se deseen dos medidas temporalmente separadas, como es usual, por ejemplo, en delineamientos experimentales donde el entrevistado es testeado dos veces (antes y después de algún tratamiento), las respuestas del segundo test son menos susceptibles de efectos reactivos consecuentes de la primera aplicación del instrumento, si de hecho los sujetos responden a cuestionarios con afirmaciones diferentes.

Para garantizar que cada grupo de 23 afirmaciones tuviese, en la medida de lo posible, la misma estructura factorial, se distribuyeron las preguntas en las dos formas designando sistemáticamente, a partir de las tablas 3 y 5, la mitad de las preguntas relativas a determinado factor para una de las formas y la otra mitad para la otra forma. Ese procedimiento tuvo el siguiente resultado en las dos formas alternativas para el instrumento:

Forma 1 - Constituida por las afirmaciones: AF01, AF04, AF05, AF08, AF10, AF11, AF12, AF13, AF14, AF15, AF18, AF19, AF21, AF28, AF29, AF30, AF32, AF36, AF38, AF40, AF42, AF46 y AF48.

Forma 2 - Constituida por las afirmaciones: AF03, AF06, AF07, AF09, AF16, AF17, AF20, AF22, AF23, AF24, AF25, AF26, AF27, AF31, AF33, AF34, AF35, AF37, AF39, AF43, AF44, AF45 y AF47.

El puntaje total medio en la **Forma 1** presentó media igual a 3,46 y desvió estándar igual a 0,56; el coeficiente alfa fue igual a 0,87. El puntaje total medio de la **Forma 2** presentó media igual a 3,46 y desvió estándar igual a 0,57; el coeficiente alfa fue igual a 0,86. El coeficiente de correlación entre las dos puntuaciones totales medias fue igual a 0,88. Conforme se destacó en la nota de rodapié 7, el coeficiente alfa tiende a subestimar el coeficiente de confiabilidad cuando el instrumento no es homogéneo. Como ninguna de las dos formas es homogénea, ya que contienen los cuatro factores detectados, un estimador más veraz que el coeficiente de confiabilidad de cada forma es dado por el coeficiente de correlación entre las dos formas, o sea, 0,88.

Finalmente se puede obtener una estimación del coeficiente de confiabilidad del instrumento total (46 afirmaciones), usando la fórmula de la predicción de Spearman-Brown (Nunnally, 1978), obteniendo el valor de 0,94 (casi idéntico al valor estimado al final de la sección anterior).

6. CONCLUSIONES

El presente trabajo tuvo como objetivo concebir y validar un cuestionario del tipo Likert para investigar concepciones de profesores sobre la naturaleza, construcción y validación del conocimiento científico, con énfasis en el papel de los modelos científicos en el contexto de la Física.

⁸Dos formas de un instrumento son equivalentes cuando miden los mismos constructos, poseen la misma media y el mismo desvió estándar, y son igualmente fidedignas y válidas (Nunnally, 1978).

A partir de los resultados obtenidos con la aplicación del cuestionario, realizamos dos análisis factoriales independientes con las respuestas de 218 sujetos a las afirmaciones sobre la ciencia en general (ítems 01 a 27) y sobre los modelos y el modelado científico en Física (ítems 28 a 48), y encontramos dos factores en cada grupo de afirmaciones.

Posteriormente, el estudio de correlación entre los cuatro factores mostró que las concepciones sobre ciencia en general están fuertemente relacionadas a las concepciones sobre modelos y modelado científico en el contexto de la Física. Ese resultado es importante, pues sugiere que estrategias didácticas basadas en elementos presentes en el proceso de modelado científico pueden servir como punto de partida para una comprensión adecuada de la actividad científica por parte de estudiantes y profesores.

En la literatura, otros autores también llaman la atención para ese punto, como por ejemplo Gilbert (1991), cuyo estudio abordaba las concepciones sobre ciencia y modelos de 687 estudiantes universitarios de Biología. El autor concluyó que es posible transponer didácticamente nociones correctamente asociadas a los modelos científicos, por parte de los estudiantes, para el conocimiento científico en general.

Otro resultado alcanzado a partir de la aplicación del cuestionario integral fue la elaboración de dos formas alternativas más cortas (con 23 afirmaciones cada una) y equivalentes para el instrumento, teniendo en cuenta que, además de que esas formas presentan la misma media y el mismo desvío estándar, están fuertemente correlacionadas.

Concluimos destacando que es necesario enriquecer el conocimiento respecto de las concepciones de profesores sobre ciencia, modelos y modelado científico para que podamos delinear y evaluar estrategias de enseñanza que de hecho contribuyan a un aprendizaje significativo y epistemológicamente coherente de los contenidos.

7. REFERENCIAS

- ABD-EL-KHALICK, F. y LEDERMAN, N.G. (2000). Improving science teachers' conceptions of nature of science: a critical review of the literature. *International Journal of Science Education*, 22 (7), pp. 665-701.
- AIKENHEAD, G.S., FLEMING, R.W. y RYAN, A.G. (1987). High-school graduates' beliefs about science-technology-society. I. Methods and issues in monitoring student views. *Science Education*, 71 (20), pp. 145-161.
- AIKENHEAD, G.S. y RYAN, A.G. (1992). The development of a new instrument: "Views on Science-Technology-Society" (VOSTS). *Science Education*, 76 (5), pp. 477-491.
- AKERSON, V.L., TOWNSEND, J.S., DONNELLY, L.A., HANSON, D.L., TIRA, P., y WHITE, O. (2009). Scientific modeling for inquiring teachers network (SMIT'N): the influence on elementary teachers' views of nature of science, inquiry, and modeling. *Journal of Science Teacher Education*, 20 (1), pp. 21-40.
- BRANDÃO, R. V. (2008). Investigando a aprendizagem do campo conceitual associado à modelagem científica por parte dos professores de física do ensino médio. 205f. Dissertação (Mestrado em Ensino de Física) – Instituto de Física, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.
- BRANDÃO, R.V., ARAUJO, I.S., Y VEIT, E.A. (2010). Conceções e dificuldades dos professores de física no campo conceitual da modelagem científica. *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias*, 9 (3), pp. 669-695.
- BUNGE, M. (1973). *La ciencia, su método y su filosofía*. Buenos Aires: Siglo veinte.
- BUNGE, M. (1974). *Teoria e realidade*. São Paulo: Perspectiva.
- BUNGE, M. (1976). *Tratado de Filosofia Básica*. Vol.1. São Paulo: EDUSP.
- BUNGE, M. (2007). *Física e filosofia*. São Paulo: Perspectiva.
- CHEN, S. (2006). Development of an instrument to assess views on nature of science and attitudes toward teaching science. *Science Education*, 90 (5), pp. 803-819.
- CHITTEBOROUGH, G.D., TREAGUST, D.F., MAMIALA, T.L., y MOCERINO, M. (2005). Students' perceptions of the role of models in the process of science and in the process of learning. *Research in Science & Technological Education*, 23 (2), pp. 195-212.
- CRAWFORD, B.A. y CULLIN, M.J. (2004). Supporting prospective teachers' conceptions of modelling in science. *International Journal of Science Education*, 26 (11), pp. 1379-1401.
- CRONBACH, L.J. (1951). *Coefficient alpha and the internal structure of tests*. *Psychometrical*, 16 (3), pp. 297-334.
- CUÉLLAR, L. F., GALLEGOS, R. B. y PÉREZ, R. M. (2008). El modelo atómico de E. Rutherford. Del saber científico al conocimiento escolar. *Enseñanza de las Ciencias*, 26 (1), pp. 46-52.
- GALAGOFSKY, L. y ADÚRIZ-BRAVO, A. (2000). Modelos y analogías en la enseñanza de las ciencias naturales. El concepto de modelo didáctico analógico. *Enseñanza de las Ciencias*, 19 (2), pp. 231-242.
- GIERE, R.N., BICKLE, J., y MAULDIN, R.F. (2006). *Understanding scientific reasoning*. Toronto: Thomson Wadsworth.
- GILBERT, S.W. (1991). Model building and a definition of science. *Journal of Research in Science Teaching*, 28 (1), pp. 73-79.
- GRECA, I.M. y SANTOS, F.M.T. (2005). Dificuldades da generalização das estratégias de modelação em ciências: o

- caso da física e da química, *Investigações em Ensino de Ciências*, 10 (1), pp. 31-46.
- GROSSLIGHT, L., UNGER, C., JAY, E., y SMITH, C.L. (1991). Understanding models and their use in science: conceptions of middle and high school students and experts. *Journal of Research in Science Teaching*, 28 (9), pp. 799-822.
- HALLOUN, I. (1996). Schematic Modeling for Meaningful Learning of Physics. *Journal of Research in Science Teaching*, 33 (9), pp. 1019-1041.
- HARRES, J.B.S. (1999). Uma revisão de pesquisas nas concepções de professores sobre a natureza da ciência e suas implicações para o ensino, *Investigações em Ensino de Ciências*, 4 (3), pp. 197-211.
- HODSON, D. (1992). In search of a meaningful relationship: an exploration of some issues relating to integration in science and science education. *International Journal of Science Education*, 14 (5), pp. 541-562.
- ISLAS, S.M. y PESA, M.A. (2001). Futuros docentes y futuros investigadores se expresan sobre el modelado en física. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, 23 (3), pp. 319-328.
- ISLAS, S.M. y PESA, M.A. (2002). Qué ideas tienen los profesores de física de nivel medio respecto al modelado? *Ciencia & Educação*, 8 (1), pp. 13-26.
- JUSTI, R.S. y GILBERT, J.K. (2002). Modelling, teachers' views on the nature of modelling, and implications for the education of modellers. *International Journal of Science Education*, 24 (4), pp. 369-387.
- JUSTI, R.S. y GILBERT, J.K. (2003). Teachers' views on the nature of models. *International Journal of Science Education*, 25 (11), pp. 1369-1386.
- JUSTI, R. (2006). La enseñanza de ciencias basada en la elaboración de modelos. *Enseñanza de las Ciencias*, 24 (2), pp. 173-184.
- KOULAIDIS, V. y OGBORN, J. (1989). Philosophy of science: an empirical study of teachers' views. *International Journal of Science Education*, 11 (2), pp. 173-184.
- KOULAIDIS, V. y OGBORN, J. (1995). Science teachers' philosophical assumptions: how well do we understand them? *International Journal of Science Education*, 17 (3), pp. 273-283.
- KRAPAS, S., QUEIROZ, G., CONLINVAUX, D., y FRANCO, C. (1997). Modelos: uma análise de sentidos na literatura de pesquisa em ensino de ciências. *Investigações em Ensino de Ciências*, 2 (3), pp. 185-205.
- LEDERMAN, N.G. y O'MALLEY, M. (1990). Students' perceptions of tentativeness in science: development, use, and sources of change. *Science Education*, 74 (2), pp. 225-239.
- LEDERMAN, N.G. (1992). Student's and teacher's conceptions of the nature of science: a review of the research. *Journal of Research in Science Teaching*, 29 (4), pp. 331-359.
- LEDERMAN, N. G. (2007). Nature of science: past, present, and future. In: Abell, S. & Lederman, N. G. (Eds.). *Handbook of Research on Science Education*. New Jersey: Lawrence Erlbaum Associates Publishers.
- LORD, F.M. y NOVICK, M.R. (1968). *Statistical theories of mental test scores*. Reading: Addison-Wesley.
- LUCAS, A.M. (1975). Hidden assumptions in measures of knowledge about science and scientists'. *Science Education*, 59 (4), pp. 481-485.
- MARÍN, N. y BENARROCH, A. (2009). Desarrollo, validación y evaluación de un cuestionario de opciones múltiples para identificar y caracterizar las visiones sobre la naturaleza de la ciencia de profesores en formación. *Enseñanza de las Ciencias*, 27 (1), pp. 89-108.
- MOREIRA, M.A. y OSTERMANN, F. (1993). Sobre o ensino do método científico. *Caderno Catarinense de Ensino de Física*, 10 (2), pp. 108-117.
- MORGAN, M.S. y MORRISON, M. (1999). *Models as mediators. Perspectives on Natural and Social Science*. Cambridge: Cambridge University Press.
- MULAIK, S.A. (1972). *The foundations of factor analysis*. New York: McGraw-Hill.
- NOTT, M. y WELLINGTON, J. (1995). Probing teachers' views of the nature of science: how should we do it and where should we be looking? *Proceedings of the Third International History, Philosophy, and Science Teaching Conference*, pp. 864-872.
- NUNNALLY, J.C. (1978). *Psychometric Theory*. New York: McGraw-Hill.
- OLIVA-MARTÍNEZ, J. M. y ARAGÓN-MÉNDEZ, M. M. (2009). Contribución del aprendizaje con analogías al pensamiento modelizador de los alumnos en ciencias: marco teórico. *Enseñanza de las Ciencias*, 27 (2), pp. 195-208.
- PORLÁN, R. y RIVERO, A. (1998). *El conocimiento de los profesores: una propuesta en el área de ciencias*. Sevilla: Diáda.
- PORLÁN, R., RIVERO, A., y MARTÍN DEL POZO, R. (1997). Conocimiento profesional y epistemología de los profesores I: teoría, métodos e instrumentos. *Enseñanza de las Ciencias*, 15 (2), pp. 155-173.
- PORTIDES, D.P. (2007). The relation between idealisation and approximation in scientific model construction. *International Journal of Science Education*, 16 (7-8), pp. 699-724.

- RUBBA, P.A. (1976). *Nature of scientific knowledge scale*. School of Education, Indiana University, Bloomington, IN.
- SILVEIRA, F. L. (1993). Validação de instrumentos de medida aplicados à pesquisa em ensino de física. In: Moreira, M. A. y Silveira, F. L. *Instrumentos de pesquisa em ensino e aprendizagem*. Porto Alegre: EDIPUCRS.
- SMIT, J.J.A. y FINEGOLD, M. (1995). Models in physics: perceptions held by final-year prospective physical science teachers studying at south african universities. *International Journal of Science Education*, 17 (5), pp. 621-634.
- TREAGUST, D.F., CHITTLEBOROUGH, G.D., y MAMIALA, T.L. (2002). Students' understanding of the role of scientific models in learning science. *International Journal of Science Education*, 24 (4), pp. 357-368.
- VAN DRIEL, J.H. y VERLOOP, N. (1999). Teachers' knowledge of models and modelling in science. *International Journal of Science Education*, 21 (11), pp. 1141-1153.
- VAN DRIEL, J.H. y VERLOOP, N. (2002). Experienced teachers' knowledge of teaching and learning of models and modelling in science education. *International Journal of Science Education*, 24 (12), pp. 1255-1272.
- WHERRY, R.J. (1984). *Contributions to correlational analysis*. London: Academic Press.

APÉNDICE

La tabla 9 muestra el tema correspondiente a la afirmación de cada ítem, según la codificación de la tabla 1, el número del ítem en el cuestionario y la escala de concordancia. Los asteriscos identifican los ítems cuyas respuestas fueron codificadas atribuyéndoles valor 1 para MA (MUY DE ACUERDO), 2 para A (DE ACUERDO), 3 para I (INDECISO), 4 para D (EN DESACUERDO) y 5 para MD (MUY EN DESACUERDO). Las respuestas en los demás ítems fueron codificadas de modo invertido, atribuyéndoles valor 5 para MA, 4 para A, 3 para I, 2 para D y 1 para MD. El cuestionario fue presentado a los encuestados, sin la identificación de los temas (primera columna) y sin los asteriscos.

Tabla 9. Cuestionario para identificación de concepciones sobre ciencia, modelos y modelado científico en el contexto de la Física.

Tema	Afirmación		Grado de acuerdo				
NCC	01*	Las teorías científicas representan la naturaleza tal como es de hecho, describiendo y explicando los fenómenos naturales de manera completa.	MA	A	I	D	MD
CVCC	02	Para que una teoría científica sea descartada no siempre es suficiente demostrar que no está de acuerdo con la observación y/o la experimentación.	MA	A	I	D	MD
CVCC	03*	Para que el conocimiento científico pueda emerger de observaciones y/o experimentaciones sobre el mundo natural, el científico debe abstenerse de ideas previas.	MA	A	I	D	MD
NCC	04*	El progreso de la ciencia se debe al descubrimiento de teorías científicas cada vez más completas y verdaderas.	MA	A	I	D	MD
NCC	05	Una importante característica de las teorías científicas es la posibilidad de que puedan ser consideradas como incorrectas.	MA	A	I	D	MD
CVCC	06*	Sólo se puede afirmar que el conocimiento científico es definitivo cuando hay concordancia entre los resultados experimentales y sus previsiones en variadas condiciones.	MA	A	I	D	MD
CVCC	07*	El punto de partida para la construcción del conocimiento científico siempre debe ser la observación y la experimentación.	MA	A	I	D	MD
CVCC	08	Los resultados observacionales y/o experimentales siempre implican presupuestos teóricos.	MA	A	I	D	MD
NCC	09	Una importante característica del conocimiento científico es su falibilidad.	MA	A	I	D	MD
CVCC	10*	La efectividad y la objetividad del trabajo científico se deben al cumplimiento fiel de las etapas establecidas por el método científico: observación, hipótesis, experimentos y elaboración de teorías.	MA	A	I	D	MD
NCC	11*	Todas las leyes científicas son universales, pues se pueden aplicar en cualquier situación y condición en la naturaleza.	MA	A	I	D	MD
CVCC	12*	Los resultados observacionales y/o experimentales son las fuentes indudables para el conocimiento científico.	MA	A	I	D	MD
NCC	13	La ciencia no es segura, pero es progresiva por naturaleza, pues permite la revisión de sus presupuestos y está abierta a nuevas ideas.	MA	A	I	D	MD
CVCC	14*	La discordancia entre una teoría y los datos observacionales y/o experimentales determina que la teoría no pueda ser considerada científica.	MA	A	I	D	MD
CVCC	15*	No hay lugar para la especulación, la invención y la intuición en la formulación de las leyes científicas.	MA	A	I	D	MD
CVCC	16	La observación científica siempre se realiza a partir de algún presupuesto teórico sobre el objeto de estudio.	MA	A	I	D	MD

CVCC	17*	Cuando los científicos se confunden o se equivocan es porque no aplicaron adecuadamente la metodología científica.	MA	A	I	D	MD
CVCC	18	El conocimiento científico avanza fundamentalmente por la capacidad del ser humano de formular problemas y proponer soluciones.	MA	A	I	D	MD
CVCC	19*	La experimentación contribuye al avance de la ciencia en la medida en que sirve de juicio final para la comprobación de hipótesis y teorías científicas.	MA	A	I	D	MD
CVCC	20*	La disputa y el conflicto de ideas entre los científicos son indeseables.	MA	A	I	D	MD
CVCC	21	Es un mito la existencia de un método científico que, si se sigue juiciosamente, conduce a resultados correctos e incuestionables.	MA	A	I	D	MD
NCC	22*	Las leyes científicas son generalizaciones de muchas observaciones y/o experimentos.	MA	A	I	D	MD
NCC	23*	Los resultados de observaciones y de experimentos son incuestionables, pues revelan cómo es o cómo funciona de hecho la naturaleza.	MA	A	I	D	MD
NCC	24	Las teorías científicas, por más que estén bien apoyadas en la observación y en la experimentación, podrán revelarse como incorrectas en ciertos dominios.	MA	A	I	D	MD
CVCC	25*	La metodología científica sólo admite ideas que sean obtenidas a través de la observación y de la experimentación.	MA	A	I	D	MD
CVCC	26	La objetividad y la efectividad del conocimiento científico dependen de la crítica y de la discordancia entre los científicos.	MA	A	I	D	MD
CVCC	27*	Una teoría debe estar en completo y total acuerdo con la observación y/o experimentación.	MA	A	I	D	MD
NFMC	28	Hay modelos científicos que simulan el mecanismo de funcionamiento de sistemas físicos inaccesibles a los sentidos humanos.	MA	A	I	D	MD
CVMC	29*	Las teorías que predicen correctamente los resultados de las mediciones experimentales en un ámbito determinado, no requieren explicaciones o modelos de cómo funciona la realidad en ese dominio	MA	A	I	D	MD
CVMC	30*	Los científicos describen la realidad en sus mínimos detalles, incluyendo el mayor número de informaciones posibles, en el proceso de modelado científico de sistemas físicos.	MA	A	I	D	MD
NFMC	31	Los modelos científicos son construcciones humanas: siempre se originan en la mente de quien los (re)construye.	MA	A	I	D	MD
NFMC	32*	Los modelos científicos aprehenden toda la complejidad de los sistemas físicos de interés.	MA	A	I	D	MD
NFMC	33	Un modelo científico puede pasar a representar sistemas físicos completamente diferentes de aquéllos para los que fue inicialmente concebido.	MA	A	I	D	MD
CVMC	34*	Los modelos científicos deben ser modificados siempre que no estén de acuerdo con los datos empíricos o con el cuerpo de conocimiento ya establecido.	MA	A	I	D	MD
NFMC	35*	Modelos científicos pueden ser entendidos como descripciones fieles de aspectos de la realidad.	MA	A	I	D	MD
NFMC	36	Es posible prever hechos nuevos con modelos científicos.	MA	A	I	D	MD
NFMC	37*	La principal función de un modelo científico es servir como herramienta de enseñanza.	MA	A	I	D	MD

NFMC	38	Ningún modelo científico representa exactamente aquello a lo que se refiere.	MA	A	I	D	MD
NFMC	39*	Los resultados obtenidos con un modelo científico jamás permitirán ir más allá de todo lo que previamente se sabía sobre el sistema físico de interés.	MA	A	I	D	MD
NFMC	40	Los modelos científicos asumen un papel de mediación entre teoría y realidad.	MA	A	I	D	MD
CVMC	41*	Al teorizar acerca de la realidad, los científicos proponen diversos modelos científicos que pasan a competir: el de mayor éxito adquiere el status de ley científica.	MA	A	I	D	MD
NFMC	42*	La semejanza entre el sistema físico y el modelo científico capaz de representarlo debe ser completa y total.	MA	A	I	D	MD
CVMC	43*	Es posible construir diversos modelos científicos para el mismo sistema físico, pero sólo uno será aceptable.	MA	A	I	D	MD
NFMC	44	Hay modelos científicos que permiten investigar sistemas que no existen en la naturaleza.	MA	A	I	D	MD
NFMC	45*	Modelos científicos deben suministrar descripciones exactas de sistemas físicos.	MA	A	I	D	MD
CVMC	46*	No tiene sentido concebir más de un modelo científico para el mismo sistema físico.	MA	A	I	D	MD
CVMC	47	Los científicos frecuentemente introducen elementos hipotéticos, ignoran propiedades y hacen uso de entidades no observables en el modelaje científico de sistemas físicos.	MA	A	I	D	MD
NFMC	48*	Modelos científicos pueden ser descritos como teorías científicas que son simplificadas para fines didácticos y de divulgación científica.	MA	A	I	D	MD

Rafael Vasques Brandão é Licenciado em Física pelo Instituto de Física (IF) da Universidade Federal do Rio Grande Sul (UFRGS), Brasil. Possui Mestrado Acadêmico em Ensino de Física pelo IF-UFRGS. Atualmente, é Doutorando em Ensino de Física pelo Programa de Pós-Graduação em Ensino de Física do IF-UFRGS e professor efetivo do Colégio de Aplicação da UFRGS. Dedica-se à pesquisa em Ensino de Física, com ênfase em modelagem científica aplicada ao Ensino de Física e formação continuada de professores. Também possui experiência profissional na área de Física, com ênfase em estruturas eletrônicas e propriedades elétricas de superfícies, interfaces e partículas.