

VOL 11 • NÚM 2 • JULIO - DICIEMBRE 2016 • e-ISSN: 2346-4712

GÓNDOLA ENSEÑANZA Y APRENDIZAJE DE LAS CIENCIAS

GÓNDOLA

ENSEÑANZA Y APRENDIZAJE DE LAS CIENCIAS

VOL 11 • NÚM 2
JULIO - DICIEMBRE DE 2016
e-ISSN: 2346-4712



UNIVERSIDAD DISTRITAL
FRANCISCO JOSÉ DE CALDAS
Facultad de Ciencias y Educación



UNIVERSIDAD DISTRITAL FRANCISCO JOSÉ DE CALDAS

Revista Góndola
Enseñanza y Aprendizaje de las Ciencias
Volumen 11-Número 2
julio-diciembre de 2016

Revista semestral del
Grupo de Enseñanza y Aprendizaje de la Física
Facultad de Ciencias y Educación
Universidad Distrital Francisco José de Caldas

e-ISSN 2346-4712

Dirección de revistas científicas

Centro de Investigaciones y Desarrollo Científico
Diony Constanza Pulido

Corrección de estilo

Fabián Andrés Gullaván

Diseño y diagramación

David Mauricio Valero

Fotografía portada

Crédito: Zulma Vizcaino. Descripción: placas del caparazón de un morrocoy.



**Revista Góndola, Enseñanza y
Aprendizaje de las Ciencias**

EQUIPO EDITORIAL

Dra. Olga Lucía Castiblanco Abril
*Universidad Distrital Francisco José de
Caldas, Colombia*
Editor en Jefe

Dr. Diego Fabian Vizcaino
Colombia
Editor de Contenidos

M.sc. Angie D. González
Gestor Editorial

COMITÉ CIENTÍFICO/EDITORIAL

Dr. Alvaro Chrispino
*Centro Federal de Educação Tecnológica Celso
Suckow da Fonseca (Rio e Janeiro), Brasil*

Dr. Eder Pires de Camargo
*Universidade Estadual Paulista Julio de
Mesquita Filho Bauru SP., Brasil*

Dr. Edwin Germán García Arteaga
Universidad del Valle, Colombia

Dr. Roberto Nardi
*Universidade Estadual Paulista Julio de
Mesquita Filho Bauru SP., Brasil*

Dra. Silvia Stipchic
*Universidad Nacional del Centro de la
Provincia de Buenos Aires, Argentina*

COMITÉ EVALUADOR

Dr. Carlos Humberto Zuluaga Trujillo
Universidad del Valle, Colombia

Dr. Diego Fabian Vizcaino
Colombia

Dr. Edwin Germán García Arteaga
Universidad del Valle, Colombia

Dr. Gustavo Iachel
Universidade Estadual de Londrina, Brasil

Dr. Jairo Gonçalves Carlos
*Secretaria de Estado de Educação do Distrito
Federal, Brasil*

Dr. Leonardo Fabio Martínez Pérez
Universidad Pedagógica Nacional, Colombia

Dr. Néstor Eduardo Camino
*Universidad Nacional de la Patagonia San Juan
Bosco, Argentina*

Dra. Olga Lucía Castiblanco Abril
*Universidad Distrital Francisco José de Caldas,
Colombia*

Dra. Silvia Stipchic
*Universidad Nacional del Centro de la
Provincia de Buenos Aires, Argentina*

Mg. Jorge Luis Navarro Sánchez
Universidad Nacional de Entre Rios, Argentina



Contenido

EDITORIAL

- Uso del libro escolar o libro de texto en la enseñanza de ciencias 150
Diego F. Vizcaíno

HISTORIAS DE VIDA

- Entrevista a María Rita Otero 152
Olga Castiblanco y María Rita Otero

ARTÍCULOS

- Recursos educativos abiertos, artefactos culturales, concepciones de los profesores de física para ingeniería: análisis de dos estudios de caso 156
Open educational resources, cultural artifacts, conception's physics teachers for engineering analysis of two case studies
Oscar Jardey Suárez

- El experimento del efecto fotoeléctrico para la comprensión del concepto de cuantización de la energía de la radiación 175
Photoelectric effect experiment for understanding the concept of quantization of radiation energy
Yeimy Gerardine Berrios Saavedra, Mayra Alejandra Ramos Bonilla

- Contexto en la enseñanza de las ciencias: análisis al contexto en la enseñanza de la física 193
Context in science education: analysis of the context in teaching of physics
Jair Zapata Peña

- Um estudo da relação entre as imagens mentais utilizadas por estudantes de mecânica quântica e seu perfil epistemológico: uma investigação pela metodologia report aloud 212
Study on the relationship between mental images and the epistemological profile of quantum mechanics students: an investigation using the report aloud methodology
Robson Trevisan, Agostinho Serrano de Andrade Neto

- O uso do lúdico no ensino de ciências: jogo didático sobre a química atmosférica 228
Ludic use in science teaching: didactic game on atmospheric chemistry
Caroline Medeiros Martins de Almeida, Tania Renata Prochnow, Paulo Tadeu Campos Lopes

- Concepções de um grupo de professores de anos iniciais acerca dos conceitos básicos da astronomia 240
The Brazilian students' performance and the PISA assessment: some aspects for discussion
Andreia Freitas Zompero, Helenara Regina Samapio, Karen Mayara Vieira

RESEÑAS

- Libro: Explicando las diferencias de aprendizaje en los niños, Autora: Orfenia Otalvaro Zapata 256
Lida Eugenia Rodríguez Guzmán



EDITORIAL- V11, n°.2

Uso del libro escolar o libro de texto en la enseñanza de ciencias

Dr. Diego F. Vizcaíno A.¹

El libro de texto en la enseñanza de las ciencias es una herramienta utilizada de forma continua por muchos docentes hoy en día. De ellos se puede extraer y corroborar información, además, se usa como guía para el diseño de las actividades académicas. A pesar de las bondades que nos permite aprovechar el uso del libro de texto, es importante tener en cuenta que el uso acrítico de ellos nos puede llevar a incurrir en errores procedimentales de la docencia que influirían en la forma de asumir la enseñanza de las ciencias, con ello podemos llegar a un fracaso escolar disfrazado de aprendizaje.

Por ejemplo, se puede enseñar a tomar la información del texto escolar como fuente incuestionable de conocimientos científicos y como única herramienta para el diseño metodológico de las clases, pero esto aleja al ejercicio docente de su esencia como orientador de procesos de construcción de conocimiento, de guía en el crecimiento de la capacidad de crítica y reflexión de los sujetos. Adicionalmente, impide alcanzar los objetivos de la educación escolar, ya que esta perspectiva va en contra de fomentar el espíritu crítico en los estudiantes, evitando al mismo tiempo una adecuada estimulación de la creatividad, la curiosidad, la solución de problemas, entre otros.

De igual manera, el asumir el libro de texto como única herramienta lleva a que el educador limite su ejercicio docente y no aproveche la ventaja de usar todo un espectro de modalidades de trabajo para el mejoramiento de los procesos educativos de sus estudiantes. En su práctica educativa, el docente debe crear las condiciones para que la acción educativa lleve hacia el éxito escolar y es imprescindible que el estudiante sea preparado por su docente para asumir retos cognitivos, con el fin de acceder de forma significativa al reto de comprender la ciencia, sus métodos, su naturaleza y continúa evolución.

Pero aun cuando el docente utilice los libros texto como solo una herramienta más o como un apoyo, es necesario tomar ciertos cuidados dado que hoy en la literatura ya existen diversos estudios sistemáticos sobre lo que indican los textos que indican que pueden inclusive conducir a la formación de errores conceptuales de las ciencias. En este caso quiero hablar de la relación entre física y matemática que se encuentra presente en libros de texto. Luego de una investigación al respecto, fue notorio que los discursos de los docentes de física en este sentido están alineados con la manera en que los libros presentan dicha relación, lo que resulta curioso es que se esperaría que los docentes desarrollen su propia forma de ver el mundo de las ciencias cuando las pone en un contexto escolar, pero al parecer está bastante influenciada por este material.

1. Editor de contenidos revista *Góndola Enseñanza y Aprendizaje de las Ciencias*. Doctor en Educación en Ciencias. Colombia. Correo electrónico: d_vizcaino@yahoo.com

En muchos textos la secuencia de presentación de contenidos sigue la secuencia cronológica en que fueron construidos los conceptos a lo largo de la historia y no necesariamente obedecen a la necesidad de orientar y guiar procesos de construcción de representaciones por parte del estudiante. En estos textos se presenta la evolución de las ciencias de una forma lineal, describiendo en el mismo sentido el refinamiento del lenguaje para describir la naturaleza. Allí se señala como única forma de orientar el proceso de enseñanza-aprendizaje, a la comprensión de la modelización matemática ya desarrollada por la ciencia, entendida como la síntesis representada en los algoritmos. También es usual presentar la teoría a partir de situaciones de la vida común, pero consideradas de forma idealizada. En consecuencia, el lenguaje para comunicarse con el lector se presenta en la medida en que aparecen los formalismos, por lo que se requiere del conocimiento básico o técnico de algunos formalismos matemáticos para la lectura. En el tema de física clásica, prácticamente no se utiliza la historia y en los libros de física cuántica es utilizada como criterio de presentación de la secuencia de contenidos a partir de las controversias ocurridas en la historia que generaron nuevas representaciones. Todos estos aspectos mencionados suelen ser asumidos directamente por el maestro para desarrollar procesos de enseñanza y aprendizaje sin cuestionar si podría ser otro el enfoque que se le da, por ejemplo, al uso de la historia, a la comprensión de los algoritmos, a los procesos de modelación en física, al sentido de un determinado lenguaje, entre otros.

Es decir, que si un objetivo de la educación básica es, por ejemplo, la formación para el pensamiento crítico es necesario que los docentes desarrollemos actividades de crítica, por ejemplo, sobre el uso del libro de texto por parte de docentes y estudiantes en procesos de aprendizaje. Este necesariamente debe ir más allá de tomarlo como una guía metodológica para el desarrollo de la clase, como un conjunto de verdades absolutas o como la única posibilidad de comprensión, por ejemplo, de la relación entre física y matemática. Lo cual, además, determina el tipo de evaluación que el docente hace para saber si sus estudiantes aprendieron.





ENTREVISTA A MARÍA RITA OTERO

Olga Castiblanco
María Rita Otero

Revista Góndola Enseñanza y Aprendizaje de las Ciencias.



Figura: María Rita Otero

OC: Licenciada en física de la UDFJC (Colombia), Magíster en Docencia de la Física de la Universidad Pedagógica Nacional (Colombia), Doctora en Educación para la Ciencia de la Unesp (Brasil)

IC: Profesorado en Matemáticas y Ciencias de la Unicen (Argentina), Magíster en Educación de la Unicen- Unicamp (Argentina/Brasil), Doctora en Enseñanza de las Ciencias por la Universidad de Burgos (España), Posdoctorado en la Université René Descartes (Francia).

OC: Dra. María Rita, bienvenida a esta sección de la revista en donde siempre queremos que nuestros lectores conozcan personas de la vida académica en el campo de la investigación en Enseñanza de las Ciencias. En primer lugar, nos gustaría que nos contara algo sobre su lugar actual como docente e investigadora.

MRO: Muchas gracias por la invitación. Quisiera contarles que hasta hace dos años fui profesora de secundaria durante 33 años. Actualmente soy profesora titular de la Universidad del Centro de la Provincia de Buenos Aires y soy investigadora principal del Consejo Nacional de Ciencia y tecnología de la República Argentina (Conicet).

OC: ¿Cuál es su área de investigación?

MRO: Estoy adscrita en el área de psicología y educación. Dentro de esta área trabajo en didáctica de las ciencias. Dirijo un equipo dentro de la universidad que se dedica a esto y a formar profesores de matemáticas, física e informática y también dirijo el doctorado.

OC: El Doctorado en Enseñanza de las Ciencias y las Matemáticas, cuyos importantes productos hemos estado viendo en este 2do Congreso Internacional de Enseñanza de las Ciencias y las Matemáticas, en la ciudad de Tandil.

MRO: Si, es un doctorado muy joven, tiene alrededor de ocho años y estamos ya en el orden de 10 graduados.

OC: ¿A qué se dedica su grupo de investigación?

MRO: Dentro de lo que es mi campo de investigación, el equipo es multidisciplinario y hay físicos que se interesan por la enseñanza. Yo he trabajado en la enseñanza de la mecánica cuántica, más específicamente, ahora trabajo en la enseñanza de la teoría especial y general de la relatividad. Lo de la general apenas comienza, trabajo más con la teoría especial.

OC: Entiendo que es enseñanza de la relatividad en educación media, tema que por demás es complejo y que aún la comunidad de profesores, tanto a nivel medio como superior, no acepta completamente. ¿Qué nos puede decir al respecto, como podría describir los resultados de investigación que ha obtenido?

MRO: En primer lugar, yo diría que va desde resultados específicos a nociones básicas de cuántica y relatividad y que son resultados experimentales. Es decir, yo no considero que sean generalizables. Pero en Argentina tenemos un problema con la enseñanza de la física y es que su currículo ha sido enormemente reducido. La física prácticamente ha desaparecido de la educación media y eso es algo lamentable y terrible, tanto para la profesión de físico como para la formación de ciudadanos que tengan los conocimientos importantes.

Por lo que sabemos, es posible enseñar nociones de cuántica y relatividad en la educación media.; hay que pensar para todas estas cuestiones sobre cuál es el conocimiento de referencia. Hay que pensar qué nociones son centrales de, por ejemplo, la física clásica, que son fundamentales para la física moderna. Entonces, por ejemplo, en el caso de la relatividad especial hay nociones de cinemática, la cinemática galileana, de eso se trata el libro que acabamos de escribir: una secuencia que se basa en algunas ideas centrales de la relatividad galileana para poder comprender las ideas de Einstein. Porque en realidad la relatividad no nace con Einstein, ya había una idea de relatividad en la mecánica clásica y lo que hace Einstein es decir que la relatividad es general a toda la física, entonces es muy importante presentar esa continuidad.

OC: ¿Cómo se organizarían esos contenidos en un currículo de física en educación media?

MRO: No quiero decir que se deba dejar de enseñar cinemática en la escuela, sino que se debe procurar enseñar lo que es relevante. En lugar de abundar en demasiadas cuestiones, sobre todo matemáticas,

pero se pueden considerar algunas, como por ejemplo los problemas de encuentro o cómo el análisis de los sistemas de referencia, el análisis del movimiento relativo, etc. Cosas que no se analizan en la escuela. En general, se enseña cinemática de una manera matemática, nosotros queremos revalorizar las cuestiones físicas en el área de la cinemática y en el área de la dinámica. Por ejemplo, para enseñar mecánica cuántica nosotros trabajamos con el enfoque de Feynman, que para ciertos sistemas se puede reducir a energía por tiempo. Entonces, eso es muy importante, pues ese concepto de energía también es limitado. Pero la comunidad de investigadores en enseñanza de las ciencias, como lo hemos dicho acá, no hacemos la política educativa, sin embargo, tenemos que apuntar a que la gente sepa que la forma en que se enseña hoy día no funciona.

OC: Es decir que renovar la enseñanza de la física en el nivel medio no se trata de decir que ahora no enseñemos mecánica clásica, sino que se trata de repensar.

MRO: Se trata de repensar que es lo que tenemos que enseñar, o sea tenemos que enseñar la física clásica con una visión moderna, ese es el asunto. Porque nadie que se vaya a formar como físico va a prescindir de la física clásica para estudiar la física contemporánea ¿es eso posible?, no.

OC: Y en términos de desarrollo del pensamiento.

MRO: En términos de génesis de pensamiento, como decía Piaget, el niño recorre a grandes pasos el recorrido que ha hecho la humanidad. Eso se llama *la génesis socio histórica del conocimiento*. Entonces, no es que uno tiene que ir por todos los errores que se han cometido en la historia de la ciencia paso por paso, porque eso sería ilógico, pero hay áreas donde es necesario hacer cierto recorrido. Por ejemplo, los muchachos, los estudiantes no son galileanos, entonces ¿cómo yo voy a hacer para que ellos tomen en cuenta de la importancia de que, por ejemplo, no exista la simultaneidad? Pues a bajas velocidades parece que existe pero sabemos que no es así,

entonces ¿cómo van ellos a tener conciencia de eso, si ellos no saben lo que significa o no le dan valor a ese aspecto? Por lo tanto, hemos encontrado que es importante hacer esa génesis y pasar de ser galileano, por ejemplo, y reconocer cosas de adición de velocidades que ocurren permanentemente en la vida diaria en acto, para luego poder entender las ideas de Einstein y qué es lo que esas ideas implican en términos de consecuencias. Lo que ocurre es que esas consecuencias no son visibles a nuestra escala porque la velocidad de la luz es muy grande comparada con las velocidades ordinarias. Por ejemplo, nosotros jugamos a considerar que, si la velocidad de la luz fuera en lugar de 3×10^8 metros por segundo fuera de 3×10^2 metros por segundo, entonces la contracción de la longitud y la dilatación del tiempo se vuelve muy significativa; y jugamos con los estudiantes, por ejemplo, a cómo se verían las cosas en un partido de tenis si uno midiera en un tiempo y otro midiera en otro tiempo, que pasaría en la vida cotidiana.

OC: Es decir, que además de presentar un contenido se hace importante el proceso mediante el cual desarrollan una lógica de pensamiento.

MRO: El contenido es muy importante, no se puede desarrollar una lógica de pensamiento sin contenido. Es un error pensar que uno enseña ciertas cosas con un fin trascendente. Es decir, yo enseño física no por la física sino porque la física me va a desarrollar la mente. Entonces vamos a la escuela a jugar ajedrez, vamos a hacer otras cosas que quizás hasta diviertan a la gente. Pero no, hay una razón para enseñar física. La física es importante a nuestro modo de ver para que los ciudadanos puedan tomar decisiones que los van a afectar profundamente.

OC: Pero tanto en contenidos como en maneras de razonar.

MRO: Tanto en contenidos, por supuesto, porque al pensamiento físico está asociada una manera de pensar en física. Pero no se puede pensar en el aire entonces es importante la cuestión epistemológica,

el contenido es central. Tú no puedes decidir tampoco todo en términos de contenido porque, por ejemplo, si se decide enseñar solo hasta la mecánica clásica quiere decir que el contenido no importa mucho. Pero la idea es la contraria.

OC: Hay que pensar en los contenidos que se enseñan y para qué se enseñan. Para terminar: ¿qué le podría indicar a los profesores que están hoy en ejercicio, que no tuvieron la oportunidad de ser formados mucho en la física moderna pero que están interesados en innovar, en cambiar sus modos de enseñar en las escuelas?

MRO: No sé, pero yo creo que por donde podrían empezar es por estudiar. No hay otra posibilidad que estudiar. Yo les recomendaría estudiar física, creo que no es posible enseñar física sin saber física. No es posible enseñar matemática sin saber matemática. Entonces creo que en principio hay que estudiar, como sea, si encuentra algo que esté publicado y que le sirva, bien, pero sino tendrán que estudiar por sí mismos. Luego ir a ver que cosas se están haciendo. En el currículo de inglés Ogborn, por ejemplo, hay muchos desarrollos en esta línea, pero están en inglés. En Latinoamérica creo que hay mucha gente también trabajando, grupos como ustedes que pueden tener una revista, hay mucha gente pensando en cómo mejorar la enseñanza.

OC: Claro que también depende de las políticas y la cultura.

MRO: Sí, claramente. No solo somos nosotros, porque dependemos de muchos factores externos como la formación de maestros y otros.

OC: Bien, agradecemos esta conversación que nos permite reflexionar sobre este importante cambio que se debe ir dando en la enseñanza de la física a nivel medio.

MRO: Muchas gracias a ustedes y hasta pronto.

Producción recientemente publicada

OTERO, M. R., ARLEGO, M., PRODANOFF, F. Design, analysis and reformulation of a didactic sequence for teaching the Special Theory of Relativity in high school. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, 37(3): 3401. 2015. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/S1806-11173731891>.

OTERO, M. R., ARLEGO, M., PRODANOFF, F. Teaching the basic concepts of the Special Relativity in the secondary school in the framework of the Theory of Conceptual Fields of Vergnaud. *Il Nuovo Cimento*, 38(3):108. 2016. DOI <http://dx.doi.org/10.1393/ncc/i2015-15108-0>.

OTERO, M. R.; ARLEGO, M.; MUÑOZ, GUZMAN, E. Enseñanza de la relatividad especial básica en la escuela secundaria: una secuencia didáctica basada en la teoría de los campos conceptuales. In: Actas del 2do. Congreso Internacional de Enseñanza de las Ciencias y la Matemática, pp. 428-434, UNICEN, Argentina. 2016.

OTERO, M.R.; ARLEGO, M. *Secuencia para enseñar la teoría especial de la relatividad en la Educación secundaria*. Núcleo de Investigación en Educación en Ciencia y Tecnología. Universidad Nacional del Centro de la Provincia de Buenos Aires. 2016

OTERO, M. R.; LLANOS, V. C.; GAZZOLA, M., ARLEGO, M. Co-disciplinary Physics and Mathematics Research and Study Courses (RSC) within three study groups: teachers-in-training, secondary school students and researchers. *Science, Mathematics and ICT Education, Patras, Greece*, 10 (1), in press.

OTERO, M. R.; ARLEGO, M. Teaching basic special relativity in high school: the role of classical kinematics. In: Oral communication in the 2nd World Conference on Physics Education, July 11 - 15, 2016. Universidade de Sao Pablo, Brasil. 2016.





RECURSOS EDUCATIVOS ABIERTOS, ARTEFACTOS CULTURALES, CONCEPCIONES DE LOS PROFESORES DE FÍSICA PARA INGENIERÍA: ANÁLISIS DE DOS ESTUDIOS DE CASO

Open educational resources, cultural artifacts, conception's physics teachers for engineering analysis of two case studies

Oscar Jardey Suárez¹

Para citar como este artículo: Suárez, O. (2016). Recursos educativos abiertos, artefactos culturales, concepciones de los profesores de física para ingeniería: análisis de dos estudios de caso. *Góndola, Enseñ. Aprend. Cienc.*, 11(2), 156-174. doi: 10.14483/udistrital.jour.gdla.2016.v11n2.a1.

Recibido: 4 de abril 2016 / Aceptado: 11 de julio de 2016

Resumo

Esta investigación trata de responder preguntas como: ¿cuáles son las concepciones de los profesores de física, que trabajan en la Facultad de Ingeniería, sobre el uso de los recursos educativos abiertos (REA)? Este artículo se focaliza en develar las concepciones de los profesores de física que trabajan en la Facultad de Ingeniería en relación con los REA. Metodológicamente el proyecto tiene un componente cuantitativo y uno cualitativo. Este artículo es resultado de una fase cualitativa e interpretativa a partir de entrevistas extensas a profesores activos que regentan asignaturas de física en las carreras de ingeniería en instituciones de educación superior de carácter público o privado. Las entrevistas se desarrollaron a partir de situaciones elicitoras que emergen de las categorías que surgieron de la revisión bibliográfica (artefacto cultural, ambiente de aprendizaje, sociocientífico, técnico y tecnológico). La interpretación de las entrevistas apunta a que hay concepciones en la realidad del laboratorio y su relación con los modelos, que hacen considerar que ésta puede distar de los modelos cuando los experimentos se tratan a través de simulaciones (las que pueden ser engañosas). Las conclusiones señalan que la matemática es la mediación más importante en la construcción y reconstrucción de modelos físicos, aunque no de forma unánime; se infiere que se pueden incorporar los REA como elementos complementarios de mediación posibilitando un espectro de opciones didácticas en la enseñanza de la física.

Palabras claves: Ciencias y tecnología, enseñanza de la ciencia, profesión docente

1. Profesor de física, Departamento de Ciencias Naturales y Exactas, Fundación Universidad Autónoma de Colombia. Correo electrónico: oscar.suarez@fuac.edu.co

Abstract

The research attempts to answer questions such as: What are the concepts of physics teachers who work in the engineering faculty on the use of Open Educational Resources (OER)? This article focuses on revealing the conceptions of physics teachers working in the engineering faculty in relation to OER. Methodologically the project has a qualitative and a quantitative component; This article is the result of a qualitative and interpretive phase from extensive interviews with active teachers, who run courses in physics in engineering careers in higher education institutions public or private; interviews were conducted from elicitoras situations that emerge from the categories that emerged from the literature review (cultural artifact, Learning environment, social-scientific, technical and technological). The interpretation of the interviews suggests that there conceptions of laboratory reality and its relationship with models, they do consider that this reality may be far from the models when experiments are discussed through simulations (which can be misleading). Conclusions point out that mathematics is the most important in the construction and reconstruction of physical models, although not unanimously mediation; infers that can be incorporated as complementary elements OER mediation possible a spectrum of educational options in teaching physics.

Keywords: Science and technology, science teaching, teaching profession.

Introducción

La investigación de la que se deriva este documento se sitúa en el campo del estudio de las concepciones, en particular, las concepciones de los profesores de física que trabajan en la Facultad de Ingeniería en relación con los recursos educativos abiertos (REA), tema que carece de producción. A pesar de existir variedad de trabajos sobre concepciones de profesores, en general para el caso de ingeniería, son escasos.

La investigación se ubica en el campo de la didáctica de las ciencias, en particular la didáctica de la física y las tecnologías de la información y la comunicación (TIC) orientadas a la educación en ciencias. Como punto de encuentro de estos campos se proponen los objetos de aprendizaje (OA) o REA, entendidos como artefactos culturales. Estos últimos implican configuraciones conceptuales y materiales

de carácter histórico-cultural que, conservando su intención, pueden migrar de un contexto cultural a otros contextos culturales (Cole, 2003), adquiriendo nuevos sentidos y significados. Por ejemplo, las características de reusabilidad y modularidad, descritas en la norma de la IEEE 1484.12.1-2002 (2002) para los metadatos de los OA, que son determinantes para lograr uno u otros ambientes de aprendizaje, serían las que permiten las sucesivas adaptaciones a las que se refiere Cole cuando los artefactos culturales son apropiados en diferentes contextos culturales. En este sentido, uno de los aspectos importantes del problema de investigación para aportar al desarrollo de la línea de investigación de enseñanza de las ciencias, contexto y diversidad cultural (en la cual se inscribe esta tesis doctoral), se refiere a determinar la relación entre OA o REA, artefactos culturales y ambientes de aprendizaje desde el punto de teórico, metodológico y empírico.

La investigación aborda las siguientes preguntas, que a su vez son las orientadoras: ¿cuáles son las concepciones de los profesores de física, que trabajan en la Facultad de Ingeniería, sobre el uso de los OA REA?, ¿se incluye en dichas concepciones dimensiones únicamente técnicas y tecnológicas?, ¿qué relación guardan estas perspectivas técnicas y tecnológicas con aquellas que le dieron su origen?, ¿en estas concepciones qué relación existe entre la reutilización, característica del OA y su uso en la enseñanza de la física en contextos académicamente diversos?, ¿en estas concepciones se tienen en cuenta la configuración material y conceptual del artefacto cultural?, ¿en dichas concepciones, cuál es la comprensión del papel mediador cultural de los OA en la enseñanza de la física?

El objetivo general de investigación es: caracterizar las concepciones sobre los OA o REA de los profesores de física que trabajan en la Facultad de Ingeniería mediante la metodología de teorías implícitas. Los objetivos específicos de los que se deriva esta publicación son: identificar las ideas de los profesores de física que trabajan en la Facultad de Ingeniería en el uso de los OA o REA por medio de entrevistas semiestructuradas y construir modelos de concepciones en el uso de los objetos de aprendizaje de los profesores de física, de la muestra, en las facultades de ingeniería.

Las TIC orientadas a la educación han tenido un gran desarrollo desde el punto de vista gubernamental, corporativo, técnico y tecnológico. Ejemplo de lo anterior es la presencia de software para simulación propietario (p.e. Interactive Physics) o libre (Modellus), o la difusión de aplicaciones en la web con desarrollo para dispositivos móviles, con Android® o IOS®, como Edmodo (www.edmodo.com) o Schoology (www.schoology.com) llevando a mano de los *usuarios* la información. Las inversiones de orden económico son significativas por parte de los gobiernos, las que se reflejan en términos de cobertura y penetración de la internet; al menos

así lo indica la evaluación de los últimos 15 años (2000-2014) donde el desarrollo de la tecnología, despliegue de infraestructura tecnológica y la caída de precios han provocado un crecimiento significativo en acceso y conectividad. Se ha pasado de 400 millones en el 2000 a 3,2 billones de usuarios de la internet el 2015² (Sanou, 2015).

Los desarrollos técnicos y tecnológicos, así como la inversión gubernamental y la mirada corporativa, influyen en los datos reportados y en general en las estadísticas, pero prevalecen algunas preguntas: ¿las TIC son usadas por los profesores?, ¿qué tasa de uso tienen?, ¿el uso de las TIC mejora los logros académicos de los estudiantes?, ¿favorecen las TIC la motivación al estudio de las ciencias, como la física?, entre muchas otras. Lo cierto es que la oferta de material educativo visible en los portales de los ministerios de educación, por ejemplo, de Brasil, Colombia y Chile, se encuentra disponible para ser usado en las escuelas. Sin embargo, algunas fuentes refieren que la tasa de utilización que se reporta de uso e incorporación de las TIC en la escuela no es la esperada, dado que existe un bajo porcentaje de uso en las escuelas (Suárez, *et al.*, 2008). En este sentido, se puede afirmar que en Colombia se ha mejorado en el acceso a las TIC, pero esto no se traduce en mejores desempeños en matemáticas o ciencias, así lo muestran las pruebas estandarizadas (Casas Moreno, 2013; Soledad Bos, Ganimian, Vegas, 2014; Soledad Bos, *et al.*, 2014). Este hecho se ha entendido como una debilidad de los sistemas educativos latinoamericanos que han trazado sus políticas en este sentido (Wef, 2014), existe aquí una preocupación latente que para el presente documento se centra en aproximarse a las concepciones, desde el enfoque de la teorías implícitas, de los profesores de física que trabajan en la Facultad de Ingeniería en la ciudad de Bogotá, referidas a los REA.

Metodológicamente el proyecto contempla métodos de orden cuantitativo y cualitativo. Este artículo

2. Proyección de la ITU para el 2015, con base en los datos históricos.

es resultado de la parte cualitativa, en la que el enfoque epistemológico y metodológico están en los trabajos de Rodrigo, Rodríguez y Marrero (1993) enriquecida con los aportes de Molina y Utges (2011) referidas a las situaciones elicitoras, así como con el análisis de protocolos verbales (Ericsson; Simón, 1993).

Antecedentes

Una revisión de la comprensión de la noción de OA y cómo esta se asimila a la de REA señala como su origen la ingeniería de software (Suárez, 2016), específicamente cuando se da inicio al programa SIMULA67, en cuyo propósito Dahl y Nygaard (1967) proponen la idea de clases y subclases, idea que migró a diferentes áreas de la ingeniería, transformándose en lo que se denomina un paradigma (Kuhn, 1971) que aún predomina. Suárez (2015), en su recorrido histórico llega a que la noción de OA emerge en ese contexto y que posteriormente se amplía a la noción de REA.

La noción de REA se ha identificado como una posibilidad de cobertura en la medida en que permite ser transportado por la internet y utilizado bajo licencias Creative Commons (es.creativecommons.org/blog/licencias/), lo que la Unesco identifica como una posibilidad de mejorar la calidad de la educación, considerando que los materiales educativos quedarían de libre acceso a través de la internet, esto permitiría a poblaciones diversas acceder a material producido por instituciones reconocidas (Butcher, 2015; Unesco, 2012b).

Bajo esta noción o alguna similar, los REA diseñados y desarrollados para el estudio de la física han sido orientados a animaciones, simulaciones, seguidor de píxeles en vídeos de experimentos, presentaciones, vídeos, entre otros.

Desde hace algún tiempo los *physlets* (abreviatura de *physics* y *applets*) son los recursos que han venido siendo impulsados para ser utilizados en la

enseñanza de la física, un ejemplo de esto es el libro de física por ordenador (Franco, 2003), de libre uso, que se basa en una colección de *applets* para animar y en ocasiones con animaciones interactivas de conceptos físicos.

El proyecto Phet (Colorado) desarrolla un trabajo académico profundo en relación con la producción de REA para la enseñanza y aprendizaje de física y química principalmente. Por ejemplo, reporta estrategias eficaces en el uso de sus materiales con estudiantes de educación media en el área de física (Perkins, *et al.*, 2012), así como en el área de química (Carpenter; Moore; Perkins, 2015) dando cuenta de un trabajo continuo orientado a disponer de REA y estudiar sus posibilidades en ambientes de educación formal a nivel medio y superior.

Uno de los recursos más usados en la enseñanza y estudio de la física es la simulación; en ella se identifica la posibilidad de interactuar entre una *realidad creada* para aproximarse a la *realidad observada* desde el punto de vista de la física, en la que se registran potencialidades importantes en el uso de entornos virtuales, pero a la vez se es moderado en relación con desbordar sus potencialidades al punto de sustituir el experimento o la práctica de laboratorio (García, *et al.*, 2006; Kofman, 2006; Longji; Ayala, 2007; Martínez-Jiménez, 1994; Massons, *et al.*, 1993; Perkins *et al.*, 2012; Rodríguez, *et al.*, 2009; Rodríguez-Llerena, *et al.*, 2010).

En la internet se encuentran disponibles variados recursos educativos, equiparables a REA, para ser usados en la enseñanza de la física. Como el caso de la web Applets³ de física desarrollada por Walter Fendt (www.walter-fendt.de/ph14s/), PhysicsLAB (www.physicslab.org), KET Virtual Physics Labs (virtuallabs.ket.org) que están disponibles simplemente accediendo a la red.

Entre algunos REA, multiplataforma, con licenciamiento libre, para ser usados en la enseñanza de la física está Modellus® (www.modellus.co) y Vídeo Tracker® (www.physlet.org/tracker/). Estos, en

3. Es preciso señalar, al margen de este artículo, que los navegadores (Chrome, Mozilla, otros) no están ejecutando este tipo de programas acusando problemas de seguridad e integridad de la información.

el ámbito de la docencia o la investigación, permiten de forma interactiva a los usuarios (estudiantes y profesores) realizar actividades en un contexto físico. El primero, Modellus®, es una herramienta de simulación basada en métodos numéricos, específicamente en el método Montecarlo, el cual permite hacer montajes en el computador orientados a observar el comportamiento físico; para su uso se requiere conocer de antemano el modelo matemático que soporta el fenómeno físico. El Vídeo Tracker® es una herramienta que permite hacer seguimiento de píxeles, registrando datos con los cuales se pueden construir modelos físicos muy acordes a los teóricos que desde una mirada didáctica son muy funcionales⁴.

En el uso de REA, junto con otras posibilidades de las TIC, a partir de una experiencia de cinemática rotacional fundamentada en una propuesta didáctica de la física que incorpora las TIC en un contexto amplio, desde el registro de información hasta la presentación de la misma, considerando la inserción de TIC en diferentes niveles (cronómetro, semiautomático, automatizado) e intentando recrear una experiencia de cinemática rotacional, se llega a las siguientes conclusiones: los estudiantes descargan total confianza en el registro de la información, lo que puede resultar imprudente; reconocen las fortalezas de las TIC, pero consideran que estas deben incorporarse una vez que conceptualmente ya exista una fortaleza. En cuanto a los docentes, se destaca la responsabilidad de alfabetizarse en estas TIC para que, basados en la experiencia, decidan en qué momento y de qué forma serán utilizadas para potencialmente lograr la *mayor eficiencia* en el aprendizaje de los estudiantes (Suárez, 2008), lo que significa un sí a la incorporación de la tecnología, pero con base en criterios que consideren la práctica docente, el contexto de conocimiento y su nivel de formación.

Lo anterior es evidencia que los REA tienen un desarrollo y visibilidad importante, pero también

que las transformaciones en la escuela (entendidas como los sitios para la formación formal a diferentes niveles) no se dan a la misma rapidez que el avance tecnológico. Este renglón ha pasado en los últimos cuatro lustros a ser estratégico en las políticas de estado a nivel educativo en cuanto mostrar cifras se trata. Algunos países crearon redes de comunicación orientadas a prestar servicios para la comunidad científica y educativa, con el fin de fortalecer las interacciones y disminuir las curvas en el tiempo de transporte de información y estrechar los lazos. Un ejemplo para Colombia es RENATA, en esta idea se concibe que el tiempo de diseñar y crear un REA se disminuye sustancialmente en tanto que la cobertura es mayor, lo que coincide con la propuesta por la Unesco (Butcher, 2015; Unesco, 2012a).

Particularmente, en el contexto de la física Fisinf, grupo de investigación en la vinculación de la tecnología a la didáctica de la física, ha tenido dos momentos en los que han *intentado* recoger su experiencia y así lo han formulado: en 2003, a partir del tema sistema masa-resorte, para los licenciados en física, muestran diferentes formas de acceder al tema objeto de análisis (software de simulación-Interactive Physics IP®, interfaces de adquisición de datos, modelos matemáticos), concluyendo que esta alternativa didáctica genera mayores oportunidades para una mejor comprensión de los conceptos físicos (Fonseca, *et al.*, 2003). Para el 2006 proponen una secuenciación posible, que permite visionar una perspectiva de trabajo en la enseñanza de la física, en particular en lo referido a lo experimental, que acopla la experiencia y la simulación; en este proponen unos pasos a seguir en la creación de material, apoyado o no en TIC, que propenda por una mejor conceptualización de las teorías físicas en forma integral (Fonseca, *et al.*, 2006).

Adicionalmente, estudiar los aspectos vinculantes a la actividad del profesor en las diferentes áreas es y ha sido un campo de investigación amplio

4. Por ejemplo: Tutorial Caída Libre Tracker Laboratorio de física, <https://www.youtube.com/watch?v=Esa3e-46Fsg>.

en el que está la línea referida a las creencias, las representaciones, las ideas, las teorías implícitas o concepciones, entre otras. El conjunto de investigaciones, de la línea, tiende a comprender *al profesor* como una entidad que interacciona con su entorno en espacios académicos formales y no formales. Por ejemplo, los líderes del proceso educativo, los profesores, afrontan su actividad con base en sus fundamentos cognitivos, sus creencias, las emociones (Scheuer, *et al.*, 2006) así como aspectos de orden cultural (Molina, *et al.*, 2014).

Revisiones señalan que, para el caso del contexto de las ciencias, los profesores actúan de acuerdo a su visión de la ciencia. En un trabajo adelantado por Fernández *et al.* (2002) identifican que la ciencia se ve descontextualizada, individualista y elitista, empírico-inductivista y atórica, rígida, algorítmica, infalible, aproblemática y ahistórica, con una actividad exclusivamente analítica, acumulativa y con crecimiento lineal, trabajos que llegaron a ser punto neural en la formulación de una propuesta por la Unesco, dirigida a jóvenes en pro de una alfabetización científica (Fernández, *et al.*, 2005; Gil, *et al.*, 2005).

Molina y Utges (2011) en un trabajo orientado al estudio de la diversidad cultural en la enseñanza de las ciencias y en su revisión, han encontrado tres posiciones frente a las ciencias: universal, multiculturalista y pluralista epistemológica. La primera defiende la postura general y universal de las ciencias, la segunda desde un marco sociológico más amplio considera la sinergia existente entre los conocimientos ancestrales y científicos, finalmente los pluralistas epistemológicos equiparan el conocimiento ancestral con el científico.

La existencia de estudios de las concepciones sobre la enseñanza y el aprendizaje (Villanova; Mateos; Garcia, 2011) señalan que prevalece, en la actividad docente y el sentido propio de esta, la concepción interpretativa en la evaluación, así como una orientación constructivista en la práctica docente de la actividad en ciencias en la educación superior; de otro lado se ha llegado a establecer la relación entre las concepciones de los

profesores con las ciencias, su formación inicial, su proceso continuo de capacitación y el contexto en el que trabaja (Rodríguez Garrido; Meneses Villagrà, 2005).

En algunos ámbitos se ha intentado identificar otros elementos correlacionados con las concepciones, que configuran un clúster de obstáculos para el desarrollo de nuevos enfoques en la enseñanza de las ciencias siendo estos: patrones de pensamiento y razonamiento, creencias epistemológicas y estrategias epistemológicas (Campanario; Otero, 2000), que requieren ser consideradas al momento del diseño del currículo (Barral, 1990).

Para Hernández y Maquilón (2011), el campo de conocimiento demarcado en el estudio de las concepciones de los profesores referidas a la enseñanza y aprendizaje las clasifica en un espectro que se limita por dos categorías: centradas en el profesor y el estudiante, con un puente entre ellas que está dado por quienes plantean una corresponsabilidad, es decir, que se establece un conjunto de posibilidades de los docentes en relación con su concepción de enseñanza aprendizaje, ubicándolos entre los que piensan en esta actividad centrada en el profesor y los que piensan en la total autonomía del estudiante.

Luego, al hacer referencia al trabajo de las concepciones de los docentes, se encuentran variados trabajos en diferentes áreas e indagando diversos aspectos. Sin embargo, contextos específicos en cuanto al uso de los REA no son tan evidentes, más aún en el área de una ciencia como la física.

Consideraciones teóricas

El estudio de *la realidad* ha pasado por conceptualizarse como la deconstrucción de los modelos científicos, construcción social o la exploración de diversos modelos científicos (Suárez, 2014). Lo cierto es que las comunidades académicas definen los códigos, los conceptos, en general un sistema de conocimiento de cómo ver *la realidad*, es decir, se acuerda la forma de observar y de lo que sería válido observar (Wartofsky, 1973).

Para Rodrigo, Rodríguez y Marrero (1993) la realidad científica no es única, existen otras teorías que ellos denominan *teorías legas* y que permiten al ser humano interactuar con su entorno, las que podrían entenderse también desde la psicología popular como el “[...] vago conjunto de leyes y principios, en gran parte implícitos, acerca de las relaciones entre circunstancias externas, estados mentales y conducta [...]” (López Cerezo, 1989), estas teorías son las que subyacen el actuar permanente del ser humano, son aquellas sobre las que se toman decisiones *al instante* en las situaciones cotidianas.

Otros trabajos (Molina, *et al.*, 2014) basan su desarrollo en la anterior fundamentación, ampliando las relaciones de las concepciones de la enseñanza de la ciencia con la diversidad cultural, lo que implica muchas otras relaciones de orden político, ciencia, entorno escolar, entre otras.

Las creencias, junto con otros conceptos como representaciones, concepciones, previas, nociones entre otros, suelen ser en ocasiones tratadas de forma equiparable. Para el presente estudio las creencias se orientan a dos acepciones: como verdades incontrovertibles e idiosincráticas o como disposiciones a la acción en un contexto específico (Faria Campos, 2008). Para el efecto del presente estudio, las creencias son parte de la concepción, no son equiparables, toda vez que la concepción hace referencia a las teorías del sujeto sobre las que determina su acción y subyacen en general su modo de actuar.

Metodología

La metodología de la investigación en este segmento de estudio es de orden cualitativo, para lo cual se realizan entrevistas semiestructuradas a profesores de física que trabajan en la Facultad de Ingeniería, a través de las cuales se pretende develar las teorías implícitas (Rodrigo, *et al.*, 1993), basados en los supuestos epistemológicos de las concepciones en el uso de los REA. El análisis de las entrevistas se hará a partir de protocolos verbales (Ericsson; Simón, 1993) en conjugación con los planteamientos de Molina (2011).

El diseño y aplicación de las entrevistas es resultado de un protocolo estricto y riguroso en su validación y consolidación, proceso en el que intervienen pares (doctorandos), expertos en el tema (Ph.D. en física, física educativa, educación) así como pruebas piloto. La figura 1 muestra paso a paso el proceso adelantado.

La población del estudio son profesores de física que trabajan en la Facultad de Ingeniería. Los docentes para la entrevista se seleccionaron apoyados en los criterios de buenos informantes de la cultura científica (Milicic, *et al.*, 2006) objeto de estudio: físicos o licenciados en física, con formación posgradual en física, educación o ingeniería, experiencia docente en el área de la física para ingenieros, docente activo en universidad pública o privada en la ciudad de Bogotá-Colombia.

El proceso parte de la identificación teórica de las categorías que se infieren para el estudio a partir de la revisión bibliográfica, se construyen las situaciones elicitoras, que son las que motivarán la conversación de los profesores, se somete a revisión de pares, expertos, así como a su aplicación, para luego hacer los ajustes y llegar a una conciliación conceptual lista para ser aplicada.

Las categorías identificadas después de la etapa de revisión bibliográfica, que hacen parte del estudio se sintetizan en la tabla 1 se organizan en cuatro categorías con sus respectivas subcategorías.

La noción de *artefacto cultural* como objetivación de los modos de acción o praxis humana en consonancia con la evolución de la representación o modos simbólicos (Wartofsky, 1979), esta se plantea a partir de un análisis de las representaciones en interacción con la percepción. Lo *técnico-tecnológico*, como el contexto específico en el que se encuentran los REA y que son la razón de este estudio. En esta se vinculan los desarrollos tangibles, intangibles así como el “[...] conjunto ordenado de conocimientos, y los correspondientes procesos, que tienen como objetivo la producción de bienes y servicios, teniendo en cuenta la técnica, la ciencia y los aspectos económicos, sociales y culturales involucrados[...]” (Aguilera; Ferreras, 2002, pp. 83) o

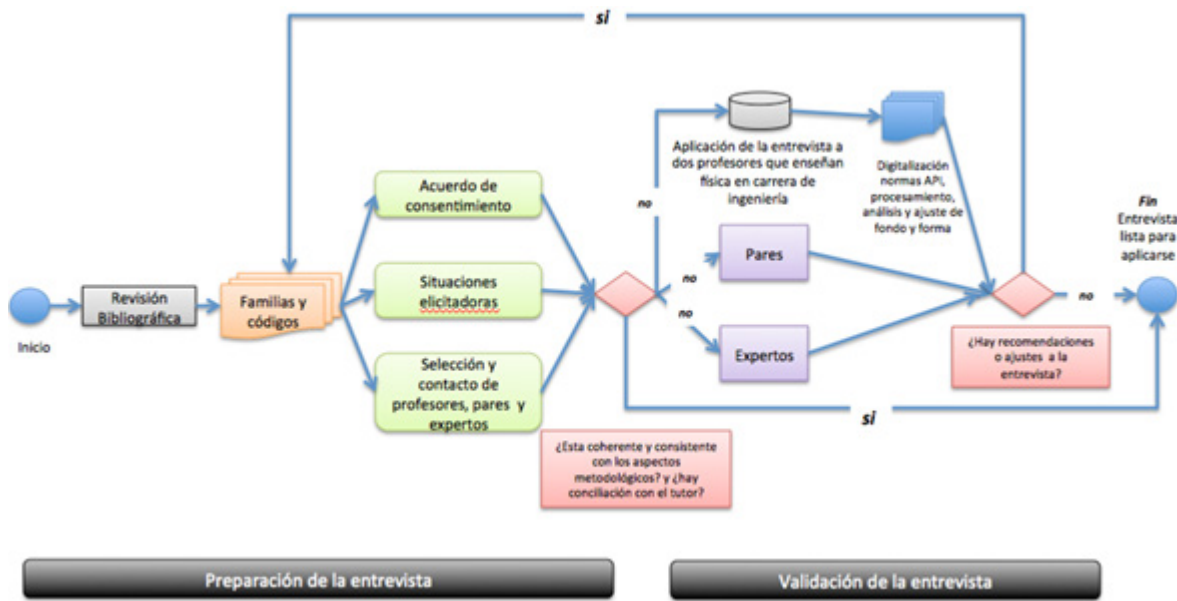


Figura 1. Ilustración del proceso para la validación del documento del protocolo.

Tabla 1. Categorías utilizadas para analizar las entrevistas.

Categoría	Subcategoría	Codificación
Artefacto Cultural	Mediación	AC-ME
	Material - ideal	AC-MI
	Niveles de artefacto	AC-NA
	Funcionamiento	TT-F
	Naturalización	TT-N
Técnico-tecnológico	Eficiencia	TT-E
	Desprovisto de una epistemología destino	TT-DED
	Diseño	TT-D
	Calidad de vida	TT-CV
	Aplicación	TT-A
	Digital	AACE-D
	Intención	AACE-I
Ambiente de aprendizaje-conocimiento escolar	Aprendizaje situado	AACE-AS
	Cognición	AACE-C
	Evaluación	AACE-E
	Granular	AACE-G
	Reutilización	AACE-R
	La ciencia mediada por la tecnología	SC-MPT
Sociocientífico	Comercialización	SC-C
	Política	SC-P
	Interacción	SC-I

como el conjunto de conocimientos que hace posible la transformación de la naturaleza por el hombre y que es susceptible de ser estudiado, comprendido y complementado de acuerdo a la valoración y connotación cultural (Soto, 2008). El *ambiente de aprendizaje-conocimiento escolar* como el contexto en el que se producen las interacciones educativas, es este donde el docente, los estudiantes, el saber y demás elementos intervienen directa o indirectamente en su configuración. Finalmente, y no menos importante, lo *sociocientífico* que discute los elementos que rodean las ciencias y las actividades educativas formativas en las ciencias.

En **artefacto cultural** se consideran tres subcategorías: *mediación*, *material-ideal* y *los niveles de artefacto*, cada uno de los cuales tiende a caracterizar la noción de artefacto, principalmente desde Wartofsky (1979), interpretada por Cole (1999) y llevada al contexto por Molina (2010). La *mediación* en el sentido de que los objetos físicos (por ejemplo: lápiz) enlazan, es una manifestación, modifican el pensamiento, es decir, que los artefactos son una mediación. Lo *material-ideal* es una característica que se interpreta como una interacción de modificación mutua, en la que los artefactos son una expresión del sistema cognitivo y a su vez estos modifican este sistema cognitivo, es decir, cuando lo interno se expresa externamente y cuando lo externo modifica lo interno (Kerckhove, 1999). Los *niveles de artefacto* son una taxonomía que Wartofsky (1979) hace de los tipos de artefactos, los que enuncia como de primer nivel (usados directamente en la producción), segundo nivel (representaciones de los de primer nivel y tienen un papel central en la preservación y transmisión de los modos de acción y creencias) y tercer nivel (aquellos con suficiente autonomía que pueden llegar a construir un mundo).

En lo **técnico-tecnológico** se consideran las subcategorías *funcionamiento*, *naturalización*, *eficiencia*, *desprovisto de una epistemología destino*, *diseño*, *calidad de vida* y *aplicación* cada una de las cuales aporta en la descripción de los aspectos técnicos-tecnológicos del objeto de estudio. El *funcionamiento* del uso de los REA en o las TIC en un ambiente de

aprendizaje, puede ocasionar distorsión o pérdida de la intención en su incorporación (Suárez, 2014) cuando esta última se centra en el uso de estos y no como mediación. La *naturalización* refiere la apropiación de artefactos o procedimientos al contexto cultural sin la previa reflexión de sus consecuencias (Dussel, 2010) o la que se evidencia de las actuales generaciones quienes hacen uso de la tecnología como nativos digitales (Piscitelli; Adaime; Binder, 2010), En las que los avances manifiestos en los artefactos y su uso ha sido durante toda su existencia, lo que las hace natural; aún no es claro el aporte de orden cognitivo de estas posibilidades. La *eficiencia* como la idea que mediante el uso de los REA pueden mejorar los índices de rendimiento académico, aunque la Unesco plantea una eficiencia en términos de cobertura y disminución de tiempo de producción y distribución (Butcher, 2015; Unesco, 2012a; Unesco, 2012b), *desprovisto de una epistemología destino*, al momento de enfrentar una ciencia, como la física, se delimita una epistemología de la enseñanza-aprendizaje en relación a los REA, lo que implica que en dicha epistemología se especifiquen las condiciones adecuadas a las tecnologías implicadas (su dinamismo, adaptabilidad, flexibilidad, canibalismo, accesibilidad), el contenido y las mediaciones involucradas, **no** en sentido contrario. El *Diseño* como esa cualidad de prever, de anticiparse a los sucesos o hechos (Fourez, 2005), es decir, ver desde un punto de vista tecnológico las intencionalidades, cualidades y potencial uso de los REA. La *calidad de vida* refiere a la propiedad de las personas frente a sus experiencias y actividades de vida y su relación de dependencia de sus interpretaciones y valoraciones de su entorno; específicamente la relación de objeto-atributo (Rodríguez; García, 2005), en el contexto se orienta a cómo se percibe la incorporación de los REA en la actividad docente. Finalmente, *aplicación* es una de las concepciones más comunes por parte de profesores de ciencias y de otras áreas de la tecnología (Fernández, et al., 2005; Fernández, et al., 2002; Fourez, 2005; Gil, et al., 2005), en el contexto de la enseñanza de las ciencias no es ajeno a estas miradas.

El **ambiente de aprendizaje-conocimiento escolar** hace referencia a las subcategorías: *digital, intención, aprendizaje situado, cognición, evaluación, granular, reutilización y saber en la escuela*. Lo *digital* se refiere a la característica actual de los ambientes de aprendizaje, presente de diversas formas en los espacios sociales que en particular para la educación se conciben como un elemento de mediación (Galvis Panqueva, 2010a; Galvis Panqueva, 2010b). La *intención* entendida como la movilización de pensamientos enfocados a una actividad específica (Bonilla, 2008). El *aprendizaje situado* propuesto por Lave y Wenger en inicios de la década de los 90 (Clancey, 1995), hace referencia al que se presenta cuando los estudiantes están inmersos en una experiencia favorable en opciones propias de la cultura académica en la que se está formando, junto con su experiencia pasada (McComas, 2013). La *cognición* entendida como el razonamiento que hace el cerebro de las ideas que concibe, algo así como pasar de las ideas simples a complejas en el contexto (Locke, 1689), esta afecta las diversas formas de comprender y entender el mundo natural, las creencias (Molina, et al., 2014) Entre Otros Elementos Propios De La Actividad Humana. La *evaluación* como el elemento principal para acreditar los diversos procesos formativos. Lo *granular* señala la cobertura de contenidos (Learning, 2015) o la densidad cognitiva de los REA. La *reutilización* como la posibilidad de usar el material en diversos contextos diferenciados por la epistemología de destino y saber en la escuela cómo el paso que se da del

conocimiento científico al saber que circula en la escuela (Zambrano, 2005; Zambrano, 2006) a través de la transposición (Chevallard, 1998).

Concretadas las categorías o superfamilias de análisis con las respectivas subcategorías o códigos se procede a hacer y transcribir cada entrevista, las que se digitalizan para luego ser procesadas con el apoyo de Atlas Ti®; con base en las categorías y subcategorías se codifica y se buscan los modelos.

Para las entrevistas se plantean situaciones elicitoras, algunas de las cuales se copian en la tabla 2.

Se decide utilizar Atlas Ti® como herramienta para apoyar los análisis de los textos. Atlas Ti® facilita los procesos de organización y procesamiento de la información. Para su utilización los documentos del texto de la entrevista, en formato .docx de Ms Word® los admite como PrimaryDoc y son una fuente de los datos. Para el procesamiento de la información Atlas Ti® posibilita elaborar citas (quotations), códigos (codes), anotaciones (memos), familias (súper-family). Para obtener salidas de la información, el usuario o investigador, puede apoyarse en redes (network) construidas a partir de códigos con variedad de conectores, dispone de una herramienta denominada Code Cooccurrence Table que permite evidenciar dinámicamente la concurrencia de los códigos estableciendo un grado de correlación, así como la unión de códigos, entre algunas otras opciones para las salidas. Reafirmar el potencial de Atlas Ti® para el procesamiento de la información, que si bien exige una alfabetización también la compensa posteriormente con eficiencia en el manejo del tiempo y utilidades.

Tabla 2. Algunas situaciones que fueron empleadas en la investigación.

Situaciones elicitoras	
A	En 2012 el primer encuentro de Experiencias de innovación en didáctica de las ciencias y Tic aplicadas a la educación, en la Universidad Autónoma de Colombia, un profesor hizo una ponencia de un Objeto Virtual de Aprendizaje (OVA), en el que mostraba una simulación de la máquina de Atwood programada en Java que permitía cambiar los valores de las masas y mostraba el comportamiento del sistema y las gráficas de aceleración, la posición y la velocidad como función del tiempo. En las observaciones un diseñador mencionó que “[...] lo que no se muestra apropiadamente no se vende, así que lo más importante es la forma en que se manejan las imágenes, los colores, la forma del texto, en caso contrario eso no vende, los estudiantes y profesores no lo usan y más en casos como la física [...]” ¿Considera usted que el diseñador tiene razón?

<p>B</p>	<p>En un panel realizado en el marco de la Conferencia Latinoamericana de Objetos de Aprendizaje, dos panelistas exponen sus argumentos en relación con la posibilidad de construir conocimiento en los estudiantes a partir de material electrónico, así: Panelista 1 (ingeniero y docente): “[...] los materiales digitales realmente permiten que los estudiantes apropien los conocimientos de las ciencias, como la física, dado que permiten a éstos navegar e interactuar en forma independiente y autónoma superando aspectos relevantes como el experimento al punto que muestran aspectos más próximos a la realidad, innegablemente permiten acercarse a formar representaciones de conocimiento [...]”;</p> <p>El panelista 2 (físico): “[...] el uso de material electrónico es un sofisma, es una moda, que no va de la mano con la forma en cómo se construye el conocimiento en la física, dado que es necesario en el laboratorio hacer observaciones y mediciones directas y no con esos materiales que se construyen con modelos fuera de la realidad [...]”</p> <p>¿Cuál es su opinión en relación con lo manifestado por los panelistas?, ¿puede usted manifestar algunas otras opciones de cómo abordar el tema?</p>
<p>C</p>	<p>El profesor Ángel Franco creó un libro electrónico interactivo basado en Applets de física que está libre en la web desde un ordenador. En una reciente conferencia de didáctica de las ciencias en Quito-Ecuador, el profesor Franco opinaba que su curso ha quedado obsoleto sin haber cumplido ampliamente su propósito en razón a que el mercado tecnológico disminuye la producción de ordenadores de escritorio y portátiles y va en crecimiento el uso de los dispositivos móviles (celulares, tablets, etc). Alguien del público interviene afirmando “ Efectivamente profesor Franco, ha perdido el tiempo”.</p> <p>¿Está usted de acuerdo con esta afirmación? ¿Es posible retomar y adaptar el trabajo del profesor?, ¿está de acuerdo en que hay una pérdida total?</p>
<p>D</p>	<p>En una reunión de profesores de física en el periodo intersemestral se discuten los aspectos relacionados con algunas prácticas de laboratorio de cinemática para medir la aceleración de la gravedad en el curso inicial. La profesora Luz menciona que: “[...] para esa práctica hay unos excelentes physlets (applets de física en la web) que le permiten al estudiante hacer el experimento cuantas veces quiera, lo que es suficiente, y además obtiene un valor de la aceleración muy cercano al de la realidad [...]”, el profesor Martin propone que “Es posible utilizar el Tracker (software para seguimiento de píxeles en un vídeo) que permite a partir de un vídeo de un objeto en caída libre hecho con cualquier dispositivo (celular, web cam, cámara digital, etc) hacer un seguimiento de píxeles del experimento aproximándose a una buena medida de la aceleración de la gravedad [...]”. El profesor Mainer manifiesta “Ninguna de esas prácticas es consecuente con la forma en cómo se construye conocimiento de la física en los estudiantes, Newton no requirió ninguno de éstos elementos para la formulación de sus leyes [...]” a continuación se retira de la reunión sin aportar ninguna solución al respecto. ¿Cuál es su opinión en relación con lo expuesto por el profesor Mainer? ¿Cuál puede ser una forma de preparar dicha práctica? ¿Es preciso considerar a qué estudiantes va dirigido? De ser así es diferente pensar para estudiantes de física, licenciatura en física, licenciatura en pedagogía infantil (en su mayoría mujeres), Ingeniería, etc.</p>
<p>E</p>	<p>No solo en la actual discusión de los currículos de ingeniería sino también de su enseñanza, se encuentran los planteamientos de Callaos presentados en la IV Conferencia Ibero-Americana de Ingeniería e Innovación Tecnológica: CIIT 2012. Señala que se debe repensar la ingeniería desde tres aspectos fundamentales: la <i>praxis</i>, la <i>techné</i> y la <i>science</i>, articulados y generando sinergia, incorporando las nuevas dinámicas que las TIC prometen para las nuevas generaciones. Los ingenieros afirman, que, por ejemplo, un profesor de física en ingeniería debe ajustar la física y su enseñanza a esta dinámica, flexibilizando los reportes de las experiencias de laboratorio para que sean presentados a través de un vídeo, pues las nuevas generaciones están más próximas al uso de los dispositivos móviles y en general de las Tic. Un profesor, enojado después de leer la anterior reflexión señala que “[...] eso del vídeo le quita seriedad a la formación de profesionales que requieren de la física y además la física es una sola no se puede ajustar de acuerdo a las diferentes profesiones [...] ” ¿Está usted de acuerdo con esta afirmación? ¿Qué opina usted en relación con la flexibilización de la enseñanza de la física, de acuerdo con las diferentes profesiones?</p>

F	<p>Vpython es un programa para hacer simulaciones en 3D, que fue desarrollado por David Sherer en el 2000 y utilizado por Ruth Chabay y Bruce Sherwood, para transformar la enseñanza y aprendizaje de física tradicional. Ellos indican que cuando elaboran sus propias simulaciones, basados en modelos computacionales para predecir la evolución temporal del comportamiento de los sistemas mecánicos en 3D, a partir de los principios físicos fundamentales (por ejemplo, cantidad de movimiento, principio de conservación de la energía, momento angular), logran mejores aprendizajes y una mirada dinámica de la física por parte de los estudiantes. Lo anterior les implica a los estudiantes aprender a programar y simular en Vpython y allí aplicar los conceptos de física, esta propuesta está en sus textos <i>Matter & Interactions I y II</i>. El profesor Jimeno, basado en su amplia experiencia como docente y físico de formación inicial, menciona que <i>“Lo anterior va en dirección opuesta a lo que se ha consolidado tradicionalmente en física a través de los textos de física para ciencias e Ingeniería de autores como Serway, Holliday, Sears, Tippens entre otros, donde ya hay una secuencia claramente demarcada que inicia desde los fundamentos de física, cinemática y demás [...] en tal sentido es preciso descartar esta propuesta además que incorpora el uso de un computador y un programa lo que desvía la atención en relación con la enseñanza de la física [...]”</i> ¿Qué opina usted de estas dos posturas? ¿Considera que la física a través de los años ha consolidado una estructura y una forma de enseñar y aprender?</p>
G	<p>Para la enseñanza de circuitos eléctricos de corriente continua, Nicolás que es profesor inquieto de física, ha diseñado unas diapositivas con un flujo de navegación flexible, las que complementa con algunas simulaciones en el software Crocodile y las refuerza con algunas situaciones problemas que trata como problemas de lápiz y papel, él pone a disposición su material digital. <i>Carmenza una profesora de física, le agradece y las toma, pero no las utiliza porque considera que ella debe usar su propio material dado que quedaría mal ante sus estudiantes utilizar un material hecho por otro profesor. Además, da como pretexto la no utilización, mencionando que abordan muchos temas en la presentación</i> ¿Qué opina usted? ¿Conoce colegas que hayan estado en esta situación?, ¿usted ha estado en esta situación?, ¿cómo la ha abordado?</p>
H	<p>En los países como Alemania, Inglaterra, entre otros, los estudiantes que estudian ciencias e ingeniería adquieren un amplio y rápido reconocimiento en la comunidad académica y científica. En países latinoamericanos, donde la diversidad cultural, étnica, social y en estado de <i>subdesarrollo</i>, los estudiantes que cursan carreras de ciencias e ingeniería logran su reconocimiento y son leídos si su formación ha sido en países europeos, en caso contrario lograrlo es muy difícil o imposible. Es el caso de una profesora de física que escribió a una revista inglesa y su artículo fue rápidamente rechazado porque no tenía el respaldo o reconocimiento de un científico de la sociedad. ¿Cuál es su opinión al respecto? ¿Es necesario validar los conocimientos con quienes lideran la sociedad de física?</p>
I	<p>Varios profesores de física se encuentran en receso de clases tomándose un café y comentando las últimas noticias relacionadas con la aprobación de programas de ingeniería de una universidad muy reconocida en Colombia, que ofrece programas de pregrado a distancia y modalidad virtual. El profesor Nesnel comenta que <i>“[...] eso es una ridiculez e irresponsabilidad que programas de ingeniería se ofrezcan en modalidad virtual, toda vez que las áreas básicas, como la física, requieren presencialidad para su desarrollo, pues eso de los laboratorios virtuales, tutorías virtuales, laboratorios remotos NO permiten aproximarse a los estudiantes a la realidad de la ciencia, más en carreras como electrónica con un alto contenido físico y matemático [...]”</i>. El profesor Giovanni emite su opinión mencionando que <i>“[...] la metodología virtual es una opción válida para desarrollar cualquier programa inclusive los de ingeniería, pues no se le puede negar las opciones a las personas de formarse aun cuando se encuentren en sitios distantes a los lugares en los que se imparte [...]”</i>. Complementa su afirmación mencionando que <i>“Además, las Tecnologías de la Información y la Comunicación se han desarrollado tanto que pueden sustituir con facilidad las bibliotecas, los laboratorios y demás aspectos propios de la presencialidad [...]”</i> ¿Qué opina usted de las posturas de los profesores? ¿Si usted fuera un par académico aprobaría estos programas? ¿Las simulaciones o laboratorios virtuales efectivamente sustituyen las actividades de laboratorio en la presencialidad?</p>

Resultados

A continuación, se presentan los resultados de la interpretación de la entrevista de dos profesores, basados en las categorías anteriormente expuestas. Los nombres que se utilizan son hipotéticos, no corresponden al nombre real de los profesores. A continuación, se toma cada profesor, Geimar Cavanzo y Orlando Riveros, en el desarrollo de la entrevista desde cada una de las categorías planteadas.

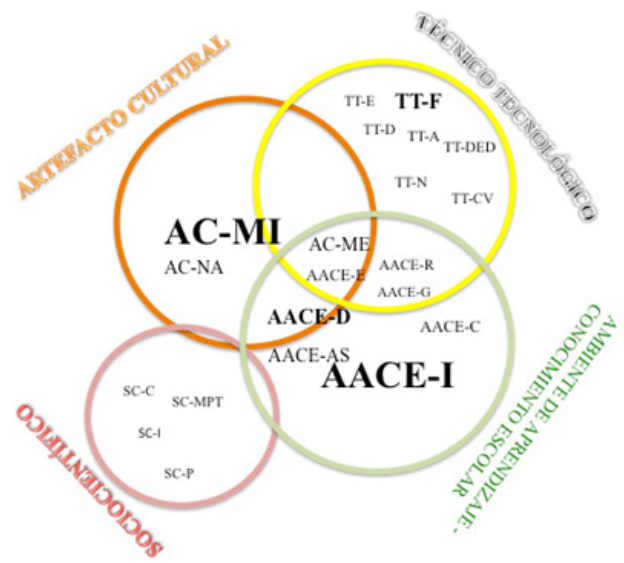
Modelo de concepción de la entrevista del profesor Geimar Cavanzo, quien trabaja principalmente en universidad privada

El profesor es Geimar, trabaja como profesor de física para ingeniería en una universidad privada desde hace más de 20 años. Tiene otros compromisos en otra universidad privada, la formación base es física y sus estudios posteriores han estado en la misma disciplina, ha estado vinculado como profesor de física en otras instituciones; así mismo, se ha desempeñado en otros currículos diferentes a la ingeniería. El profesor Geimar es egresado de una universidad pública, proviene de una región cálida que dista aproximadamente a 400 km de la ciudad de Bogotá. Su desarrollo profesional como profesor ha sido principalmente en Bogotá.

El profesor Geimar en su concepción logra inferir varias aproximaciones a los REA, las que se describen desde cada una de las categorías o súper familias (SF). Desde la SF *artefacto cultural* logra entenderse como la incidencia que tiene las interacciones, la relación entre material e ideal, como la abstracción y comprensión de los modelos a partir de la *realidad* y como la *realidad* se logra comprender a partir de los modelos, más cuando esta se ubica en actividades que son observables y medibles, en cuyo caso los REA son considerados limitados. De otro lado, en la SF mediación relevante para la construcción de conocimiento físico está la matemática, toda vez que permite construir modelos para predecir y explicar, así como para validar las hipótesis. La matemática es observada como una mediación activa que promueve

la interacción cognitiva que permite ver la realidad y reconstruirla, en tanto que los REA no permiten lograr una mediación lo suficientemente *válidos* para construir el saber físico por parte de los estudiantes.

Figura 2. Modelo del profesor Geimar Cavanzo.



En relación con la SF ambiente de aprendizaje-conocimiento escolar, el profesor Geimar entiende la matemática como la más importante en la reconstrucción de los modelos físicos y es allí donde debe considerarse la intención formativa. Además, él considera la digitalización como importante, pero los aspectos disciplinares lo son aún más. Reflexiona el profesor que los REA pueden ser una herramienta como cualquier otra, es decir, no tienen un valor agregado que permita verlos de manera distinta, pues el mayor esfuerzo a realizar está en los aspectos cognitivos. En cuanto a la SF sociocientífica, el profesor Geimar identifica que los REA pueden tener un asunto de orden mercantilista que podría ser un obstáculo para entender los modelos físicos, se ve más próximo a identificar como los REA, más aún en la física computacional, pueden aproximarse a ser una herramienta inicial de validación de avances teóricos de la disciplina. La figura 2 es un esquema del modelo de concepción del profesor Geimar, la que a continuación se desarrolla más extensamente.

Lo planteado por el profesor Geimar deja ver claramente que los conceptos físicos son modelos que se sustentan en la matemática, luego el entendimiento de la matemática es fundamental para que sirva de mediación exitosa en la comprensión y reconstrucción de los modelos físicos que se derivan de la realidad. De otro lado, la realidad que se construye en el laboratorio, *el experimento*, es fundamental en el entendimiento de los modelos físicos, la actividad de laboratorio y la reconstrucción de modelos son nodales, en tanto que los REA pueden ser elementos posteriores para afianzar los aprendizajes, pero estos no podrían ser empleados desde el inicio, es decir, no son una mediación válida en la construcción de modelos físicos. Retomando al profesor Geimar

[...] Construir modelos pasa por conocer matemáticas, si nuestros alumnos no conocen matemáticas difícilmente pueden construir modelos y si difícilmente pueden construir modelos difícilmente pueden aprender física [...] es preferible construir con los estudiantes el modelo (.) hacerlos ver qué es lo que tenemos nosotros de antemano, qué construimos y luego la representación allí y luego en acción allí [...] es decir, el estudiante construye un modelo y luego lo pasa por el computador [...] en el que visualiza el modelo que ha construido para poder describir un determinado fenómeno [...].

El profesor deja entre ver que la física es una ciencia universal, vista de esta forma no tiene por qué centrarse en la idea de a quién va dirigida, lo que se debe considerar es qué elementos de mediación, es decir, de matemáticas, tiene el estudiante para poder tratar la física, lo anterior se evidencia en

[...] Indiscutiblemente la física es una sola, [...] yo creo que uno ↑no↓ puede hablar de física para este determinado grupo, [...] lo que hace distinta a la física en cada uno de los grupos es el nivel de conocimiento, de preparación adecuado para recibir los cursos [...].

Los REA y en general las TIC, difícilmente serán una mediación que sustituyan la realidad, al referirse a la virtualidad, así como su aporte en la construcción del conocimiento. La observación, como parte de la percepción y como elemento constitutivo de la actividad científica, se debe hacer a partir de la actividad del experimento y en general de la actividad de laboratorio, se ratifica que los REA o las TIC se deben considerar como elemento complementario.

[...] Esto ↑no↓ sustituye los laboratorios, ↑jamás↓ va a sustituir los laboratorios, ese tipo de tecnología que se muestra a través de una pantalla no lo hará de ninguna manera [...] el conocimiento se construye a partir de la mirada a la realidad, y la realidad no es eso, la realidad es el fenómeno que está percibiendo el muchacho eso no lo sustituye [...].

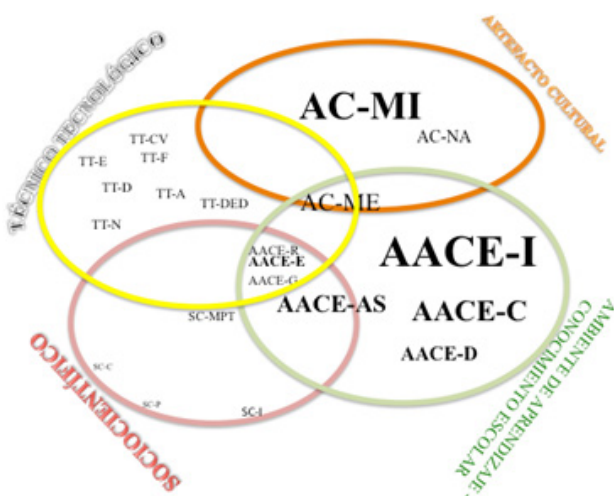
Modelo de concepción de la entrevista del profesor Orlando Riveros, quien trabaja principalmente en universidad pública

El profesor Orlando Riveros trabaja en una universidad pública como profesor de física para ingeniería. Tiene algunas horas extras en otra universidad privada. Su pregrado es de licenciado en física, sus estudios posgraduales han estado en la ingeniería y la educación y su experiencia como docente es de más de 20 años. Sus estudios los ha cursado principalmente en universidades públicas. Su origen es ciudadano y se ha desempeñado como investigador en el área de la didáctica de la física.

En la concepción del profesor Orlando Riveros se seguirá la estructura que se usó para el anterior profesor, es decir, se describirá desde cada una de las SF y luego se procederá a hacer un poco más extensa apoyados en sus afirmaciones. Desde la SF artefacto cultural se identifica que en la mediación, la abstracción como una operación cognitiva es necesaria para lograr el entendimiento de los conceptos físicos, los REA pueden constituirse en un elemento clave para favorecer este proceso, siempre y cuando se tenga una intención definida de cuándo se incorporan este tipo de materiales, los cuales deben

estar en mutuo complemento con las actividades ya existentes. En relación con la SF técnico–tecnológico, infiere cómo los REA son elementos potenciales que pueden favorecer operaciones cognitivas como la abstracción, la interacción o aumentar la motivación, pero estos no deben sustituir sino complementar acciones como abordar problemas de lápiz y papel entre otros. La figura 3 presenta un esquema que intenta ilustrar la concepción.

Figura 3. Modelo de concepción del profesor Orlando Riveros.



El profesor Orlando, en relación con la SF ambiente de aprendizaje-conocimiento escolar, ubica que la *intención* es lo más importante, es decir, que proyectar una actividad formativa implica pensar a quién se dirige y cómo se dirige, así como el contexto formativo, específicamente la formación en ingeniería. Allí los REA juegan un papel interesante en la medida en que pueden aproximar a los estudiantes a entender la fenomenología física, ya sea usando algunos que les permita interactuar con la realidad. En cuanto a la SF sociocientífica, señala que los REA requieren apoyo de diseño, pero lo importante es lo referido a su contenido y al número de variables físicas consideradas en el diseño, de tal forma que se favorezca la interacción del estudiante, que plantee sus propios retos y los ponga a prueba, lo que sería aportar al pensamiento científico.

Los REA pueden ser una herramienta de mediación que pueden facilitar la labor de enseñar y aprender, pero estos deben articularse y provocar sinergia con los demás elementos presentes en la didáctica de la física. Como tal, los REA no sustituyen los elementos presentes, como ya se mencionó, en la didáctica de la física como *epistemología aplicada* lo que se puede lograrse es un complemento que se puede identificar en:

[...] Creo que es [...] innegable que los/ problemas de lápiz y papel, así como el experimento cotidiano acercan siempre al individuo a aprender con mayor objetividad la física (.) porque esa es la parte de la herencia de la misma física, la experimentación, el trabajo teórico y manual [...] pero la ayuda tecnológica hay un momento que se requiere por el hecho de que se debe pasar a una experimentación un poco más seria más sofisticada [...].

Es preciso tener en cuenta que los REA no son la fuente de conocimiento de la física, del mismo modo la intención en la escuela (en particular de la ingeniería), es lograr que los estudiantes entiendan la física y que esta contribuya a su formación en aspectos formales y experienciales de la ingeniería. La intencionalidad no debe cambiar en la enseñanza de la física, es decir, los REA no deben ser un elemento distractor sino facilitador o mediador en el acceso a los aprendizajes de la física.

[...] El conocimiento no está en la computadora [...] el conocimiento está en la ciencia [...] y la ciencia es la que hay que tratar de ayudar a que los estudiantes vayan tratando de entender [...], que aprendan esos métodos científicos [...] que los estudiantes aprendan a no tener la aplicación directa sin saber que tienen esas cajas negras [...].

Conclusiones

Develar las teorías implícitas o concepciones de los profesores en relación con el uso de los REA marca un camino para encontrar aspectos fundamentales

del saber en la escuela o saber escolar en los que se identifica que la intención, la mediación, la relación con los artefactos (material e ideal), la física como ciencia y fuente de conocimiento, la matemática como una mediación y fundamentación en la reconstrucción de modelos físicos son los elementos que aportan, principalmente, a la cognición de los estudiantes cuando aprenden física.

A lo largo de las entrevistas se identifica una tensión entre los profesores, Geimar y Orlando. Por un lado se aproxima a plantear que la matemática es el elemento mediador para la reconstrucción de los modelos físicos por parte del estudiante, por el otro, un tanto más flexible, posibilita que los REA pueden ser un elemento mediador bajo ciertas condiciones, lo que lleva a pensar que entre estos puntos se puede encontrar un espectro de posibilidades y de aspectos que definan la potencialidad de usar o no los REA en la enseñanza y aprendizaje de la física.

Existe una convergencia de fondo, dado que el deseo es lograr aprendizajes cada vez más óptimos de la enseñanza de la física, así como que los REA son un complemento a las ya existentes posibilidades en la actividad docente. Sin embargo, de un lado se es contundente en que los REA sean una mediación válida para el aprendizaje de la física, pero de otro no alcanza ese estatus.

Los REA frente a la *realidad física* se encuentra otro punto tensionante. Mientras que de un lado el experimento es la forma de contrastar y reconstruir modelos físicos, por el otro lado se abre la posibilidad de utilizar los REA siempre que estos permitan interactuar con esta realidad, es decir, que los *physlets* no se descartan para la actividad docente, pero son vistos como muy limitados dado que no permiten esa posibilidad de ver la *realidad estudiada*.

Aproximarse a establecer en qué momento los REA pueden aportar al aprendizaje de la física es uno de los elementos que se pueden concluir. Los REA pueden ser incorporados en algún momento de la secuencia didáctica cuya intención sea interactuar con el modelo, es decir, que se debe haber elaborado una aproximación clara del modelo físico así como de la fenomenología a estudiar.

Desde su actividad como profesores de física, los dos profesores ven los REA en perspectiva. El profesor Geimar ve la didáctica de la física centrada en los modelos físicos y la matemática necesaria para reconstruir los modelos; en tanto que el profesor Orlando propone una didáctica de la física que dinamice los recursos epistemológicos heredados de la física, es decir, que vincule las mediaciones y posibilidades ofrecidas por los REA y en general por las TIC.

En perspectiva, se precisa continuar procesos de indagación relacionados con la modelación de las concepciones de los profesores de física de la Facultad de Ingeniería, así como la realización de una cartografía de las concepciones, objeto de este estudio, en otras regiones, de forma que se tenga una mayor generalización de los resultados. Así mismo, desde la epistemología propia de la física y su enseñanza, es preciso valorar en qué medida y las características necesarias para que los REA sean una mediación válida.

Agradecimientos

Al Centro de Investigación y Desarrollo Científico (CIDC) de la Universidad Distrital Francisco José de Caldas, quien da apoyo económico parcial al proyecto doctoral, mediante código 4-601-373-13 de la convocatoria del año 2013. A mis hijos (Erika, Daniela, Felipe, Nicolás y Sofía), quienes me han apoyado con el sacrificio de nuestro tiempo en familia. Al grupo INTERCITEC por el apoyo recibido y a quien también pertenece esta publicación. El autor dedica de manera muy especial este documento a la profesora Adela Molina Andrade por su aporte y contribuciones a las decisiones que hoy dan luz a esta investigación.

Referencias

AQUILES, G.; FERRERAS, M. **La Educación Tecnológica. Aportes para su implementación.** Ministerio de Educación. Buenos Aires Argentina, 2002.

- BARRAL, F. ¿Cómo flotan los cuerpos que flotan? Concepciones de los estudiantes. **Enseñanza de las ciencias. Investigación y experiencias didácticas**, vol. 8, 3, 244-250, 1990.
- BONILLA, Ernesto. Evidencias sobre el poder de la intención. **Investigación Clínica**. 2008.
- BUTCHER, N. **Guía Básica de Recursos Educativos Abiertos**. UNESCO (Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura), París, 2015.
- CAMPANARIO, J.; OTERO, J. Más allá de las ideas previas como dificultades de aprendizaje: las pautas de pensamiento, las concepciones epistemológicas y las estrategias metacognitivas de los alumnos de ciencias. **Investigación didáctica**, vol. 18, 2, 155 - 169. 2000.
- CARPENTER, Y.; MOORE, E.; PERKINS, K. *Using an interactive simulation to support development of expert practices for balancing chemical equations*. In: CONFICHEM: INTERACTIVE VISUALIZATIONS FOR CHEMISTRY TEACHING AND LEARNING, 2015.
- CASAS MORENO, A. **COLOMBIA EN PISA 2012 Informe nacional de resultados Resumen ejecutivo**. Icfes (Instituto Colombiano para el fomento de la Educación Superior). Bogotá, 2013.
- CHEVALLARD, Y. **La transposición didáctica del saber sabio al saber enseñado**. Grupo editor AIQUE. 3^{era} edición, 1998.
- CLANCEY, W.J. A Tutorial on Situated Learning. In: International CONFERENCE ON COMPUTERS AND EDUCATION, Taiwan, 1995
- COLE, M. **Psicología cultural una disciplina del pasado en el presente**. Madrid, Ediciones Morata, 1999.
- DAHL, O.; NYGAAR, K. Class an Subclass Declarations. In: SIMULATION PROGRAMMING LENGUAJES, Amsterdam, North Holland. 1967.
- ERICSSON, A.; & SIMÓN, H. **Protocol Analysis**. Massachusetts Institute of Technology. Cambridge, 1993.
- FARIA, E. (2008). Creencias y Matemáticas. **Cuadernos de investigación y formación en educación matemática**, vol. 3, 4, 9-27, 2008.
- FERNÁNDEZ, I.; GIL PÉREZ, D.; VALDÉS, P.; VILCHES, A. ¿Qué visiones de la ciencia y la actividad científica tenemos y transmitimos? En GIL, et al.: **¿Cómo promover el interés por la cultura científica? Una propuesta didáctica fundamentada para la educación científica de jóvenes de 15 a 18 años**. Santiago de Chile: Oficina Regional de Educación para América latina y el Caribe, 2005.
- FERNÁNDEZ, I.; GIL PÉREZ, D.; CARRASCOSA, J.; CACHAPUZ, A.; PRAIA, J. Visiones deformadas de la ciencia transmitidas por la enseñanza. **Enseñanza de las Ciencias**. 3, 477-488, 2002.
- FONSECA, M.; Hurtado, A.; Lombana, C.; Ocaña, O. Aproximación a una propuesta didáctico - experimental que integre nuevas tecnologías en la enseñanza de las oscilaciones de un sistema masa-resorte. **Revista Colombiana de Física**, vol. 35, 1, 90-94, 2003.
- FONSECA, M.; Hurtado, A.; Lombana, C.; Ocaña, O. La simulación y el experimento como opciones didácticas integradas para la conceptualización en física. **Revista Colombiana de Física**, vol. 38, 2, 707-710, 2006.
- FOUREZ, G. (2005). **Alfabetización Científica Tecnológica: acerca de las finalidades de la enseñanza de las ciencias**. Buenos Aires, Coliue, 2005.
- FRANCO GARCIA, Á. (2003). **Física con ordenador curso Interactivo de Física en Internet**. Disponible en <<http://www.sc.ehu.es/sbweb/fisica/>>. Visitado en: 11, jul., 2016.
- GALVIS PANQUEVA, A. Nuevos Ambientes Educativos Basados en Tecnología. **Sistemas**. 117, 2010a.
- _____. La PIOLA y el desarrollo profesional docente con apoyo de Tecnologías de Información y Comunicación TIC. **Tecnología y Comunicación Educativas**, Año 22, 46. 2010b.
- GARCIA B.; GIL M. Entornos constructivistas de aprendizaje basados en simulaciones informáticas. **Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias**, vol. 5, 2, 304-322, 2006.

- GIL, D., et al. **¿Cómo promover el interés por la cultura científica? Una propuesta didáctica fundamentada para la educación científica de jóvenes de 15 a 18 años.** Santiago de Chile: Andros Impresores, Unesco, 2005.
- HERNÁNDEZ, P. Las creencias y las concepciones. Perspectivas complementarias. **Revista Electrónica Interuniversitaria de Formación del Profesorado**, 14, 165-175, 2011.
- KERCKHOVE, D. **La Piel de la Cultura-Investigación la nueva realidad electrónica.** Barcelona, Gedisa S.A., 1999.
- KOFMAN, H. Simulaciones con mayor realismo en óptica geométrica. In: XII CONGRESO ARGENTINO DE CIENCIAS DE LA COMPUTACIÓN (CACIC 06), San Luis, Argentina, 2006.
- KUHN, T. **La estructura de las revoluciones científicas.** México: Fondo de Cultura Económico, 1971.
- Learning, Advanced Distributed. (2015). SCORM Certified Products / SCORM Adopters. Disponible <<http://www.adlnet.org/scorm/scorm-version-1-2.html>>. Visitado en: 11 jul., 2015.
- LOCKE, J. **Compendio del Ensayo sobre el entendimiento humano.** Filosofía Alianza Editorial, 1689.
- LONNGI, P.; AYALA, D. La física y sus modelos; las simulaciones como herramienta didáctica. **Revista Cubana de Física**, vol. 4, 3, 76-79, 2007.
- LÓPEZ CERREZO, J. El caso contras la psicología popular. **Journal Cognitiva**, vol. 2, 3, 227-242, 1989.
- MARTÍNEZ-JIMÉNEZ, P.; LEÓN ÁLVAREZ, J.; PONTES PEDRAJAS, A.. Simulación mediante Ordenador de Movimiento Bidimensionales en medios resistentes. **Enseñanza de las Ciencias**, vol. 12, 1, 30-35, 1994.
- MASSONS, J.; CAMPS, J.; CABRÉ, R. Electrostática y EAO: una experiencia de simulación. **Enseñanza de las Ciencias**, vol. 11, 2, 79-184, 1993.
- McCOMAS. **The Language of Science Education.** Fayetteville, Estados Unidos, 2013.
- MILICIC, B.; SANJOSÉ, V.; UTGES, G.; SALINAS B. La cultura académica como condicionante del pensamiento y la acción de los profesores universitarios de física. **Investigações em Ensino de Ciências**, 12, 263-284, 2007.
- MOLINA, A.; UTGES, G. Diversidad cultural, concepciones de los profesores y los ámbitos de sus prácticas. Dos estudios de caso. **Revista De Enseñanza De La Física**, 24, fascículo 22, 7-22, 2011.
- MOLINA, A. Una relación urgente: Enseñanza de las ciencias y contexto cultural. **Revista EDUCyT**, vol. 1, 1, 76-88, 2010.
- MOLINA A., et al. **Concepciones de los profesores sobre el fenómeno de la diversidad cultural y sus implicaciones en la enseñanza de las ciencias.** Doctorado Interinstitucional en Educación, Universidad Distrital Francisco José de Caldas, Bogotá D.C., Serie grupos, vol. 6, 2014.
- PERKINS, K., et al. Towards research-based strategies for using PhET simulations in middle school physical science classes. In: ERC PROCEEDINGS, EUROPEAN STUDIES CONFERENCE 38th ANNUAL. University of Nebraska at Omaha. Omaha, Nebraska, 2012.
- PISCITELLI, A.; ADAIME, I.; BINDER, I. **El proyecto Facebook y la posuniversidad. Sistemas operativos sociales y entornos abiertos de aprendizaje.** Madrid, Editorial Ariel, 2010.
- RODRIGO, M.; RODRIGUEZ, A.; MARRERO, J. **Las Teorías Implícitas una aproximación al conocimiento cotidiano.** Distribuciones. Madrid, Visor, 1993.
- RODRIGUEZ, D.; MENA, D.; RUBIO, C. Uso de software de simulación en la enseñanza de la Física. Una aplicación en la carrera de Ingeniería Química. **Tecnología, Ciencia, Educación**, 14, 1-2, 127-136, 2009.
- RODRIGUEZ GARRIDO, E.; MENESES VILLAGRÁ, J. Las concepciones y creencias de profesores de ciencias naturales sobre ciencia, su enseñanza y aprendizaje, mediadas por la formación inicial, la educación continuada y la experiencia profesional. **Revista brasileira de pesquisa em educação em ciências**, vol. 5, 2, 2005.

- RODRIGUEZ, N.; GARCIA, M. La noción de Calidad de Vida desde diversas perspectivas. **Revista de investigación**, 57, 2005.
- RODRÍGUEZ-LLERENA, D.; LLOVERA-GONZÁLEZ, J. Estudio comparativo de las potencialidades didácticas de las simulaciones virtuales y de los experimentos reales en la enseñanza de la Física General para estudiantes universitarios de ciencias técnicas. **Latin American Journal Physics Education Lajpe**, vol. 4, 1, 181-187, 2010.
- SANOU, B. **ICT Facts & Figures The world in 2015**. ICT Data and Statistics Division Telecommunication Development Bureau International Telecommunication Union. 2015. Disponible en: <http://www.itu.int/en/ITU-D/Statistics/Documents/facts/ICTFactsFigures2015.pdf>. Visitado en: 11, jul., 2016.
- SCHEUER, N.; et al. **Nuevas formas de pensar la enseñanza y el aprendizaje: las concepciones de profesores y alumnos**. Barcelona, Editorial Grao, 2016.
- SOLEDAD B.; GANIMIAN, A.; VEGAS, E. América Latina en PISA 2012 - Brief #4: ¿Cuántos estudiantes logran desempeño destacado? In: B.-. Educación (Ed.), **América Latina en PISA 2012**. Inter-American Development Bank, 14, 2014a.
- SOLEDAD B., et al. América Latina en PISA 2012 - Brief #12: Colombia en PISA 2012 logros y desafíos pendientes. In: B.-. Educación (Ed.), **América Latina en PISA 2012**. Inter-American Development Bank, 14, 2014b.
- SOTO, A. **Educación en tecnología: un reto y una exigencia social**. Bogotá, Cooperativa Editorial del Magisterio, 2008.
- SUÁREZ, O. Concepciones, artefactos culturales y objetos de aprendizaje. In: A. MOLINA (Ed.), **Enseñanza de las Ciencias y cultura: múltiples aproximaciones**. Universidad Distrital Francisco José de Caldas, Doctorado Interinstitucional en Educación, Bogotá, Serie Grupos, 7, 61-81, 2014.
- _____. Aproximación al origen de la noción de objeto de aprendizaje: revisión histórico – bibliográfica. **INGE CUC Revista de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de la Costa**, vol. 12, 2, 2016.
- _____. ¿Las tecnologías de la información y la comunicación favorecen la intención de los laboratorios didácticos de física? una experiencia en cinemática rotacional. **Revista de educación, pedagogía y ciencia**, vol. 1, 1, 2008.
- UNESCO. **Comunicación e Información - Recursos Educativos Abiertos**. UNESCO. 2013. Disponible en: <<http://www.unesco.org/new/es/communication-and-information/access-to-knowledge/open-educational-resources/>> Visitado en: 11, jul., 2016.
- _____. **Declaración de París de 2012 sobre los REA**. UNESCO. 2013. Disponible en: <http://www.unesco.org/new/fileadmin/MULTIMEDIA/HQ/CI/CI/pdf/Events/Spanish_Paris_OER_Declaration.pdf>. Visitado en: 11, jul., 2016.
- Universidad de Colorado. Proyecto Phet. Disponible en <<https://phet.colorado.edu/es>> Visitado en: 11, jul., 2016.
- VILLANOVA, S.; MATEOS, M.; GARCIA, B. Las concepciones sobre la enseñanza y el aprendizaje en docentes universitarios de ciencias. **Univer-sia**, vol. 2, 3, 2011.
- WARTOFSKY, M. **Filosofía de la ciencia**. Edición en español. Madrid, Alianza Editorial, 1973.
- _____. **Models: Representation and the Scientific Understanding (Vol. XLVIII)**. Londres, D. Reidel Publishing Understanding, 1979.
- ZAMBRANO, L. **Pedagogía, Didáctica y Saber**. Bogotá, Editorial Magisterio, 2005.
- _____. Las ciencias de la educación y didáctica: Hermenéutica de una relación culturalmente específica. **Revista Educere**, 583-589, 2006.





EL EXPERIMENTO DEL EFECTO FOTOELÉCTRICO PARA LA COMPRENSIÓN DEL CONCEPTO DE CUANTIZACIÓN DE LA ENERGÍA DE LA RADIACIÓN

Photoelectric Effect Experiment for Understanding the Concept of Quantization of Radiation energy

Yeimy Gerardine Berrios Saavedra¹ Mayra Alejandra Ramos Bonilla²

Para citar como este artículo: Berrios, Y. G., Ramos, M. A. (2016). El experimento del efecto fotoeléctrico para la comprensión del concepto de cuantización de la energía de la radiación. *Góndola, Enseñ. Aprend. Cienc.*, 11(2), 175-192. doi: 10.14483/udistrital.jour.gdla.2016.v11n2.a2.

Recibido: 7 de enero 2016 / Aceptado: 9 de agosto de 2016

Resumen

El presente estudio se inscribe en el marco de las investigaciones sobre la enseñanza de la física. La pregunta que lo orientó fue: ¿de qué manera una propuesta de aula, basada en el experimento del efecto fotoeléctrico, ayuda a los aspirantes a profesores de física, de la Universidad Pedagógica Nacional, a ampliar sus comprensiones sobre el concepto de cuantización de la energía de la radiación? La construcción del marco teórico se desarrolló, por una parte, con las ideas científicas sobre la cuantización de la energía y, por otra, con las propuestas pedagógicas de la enseñanza para la comprensión. Esta propuesta pedagógica estuvo guiada por la mirada investigativa de la metodología del estudio basado en diseño, tomando como principal elemento el uso de herramientas de aprendizaje tales como las tareas de predecir, experimentar y explicar (PEE). Se encontró que dichas tareas fortalecieron las comprensiones iniciales de los estudiantes sobre dicho concepto, en tanto que ellos enriquecieron y transformaron de manera progresiva sus modelos e ideas científicas, fomentando aspectos del trabajo científico en el desarrollo de la curiosidad, la imaginación y la motivación.

Palabras clave: cuantización, energía, enseñanza, comprensión, física.

1. Licenciada en física, Universidad Pedagógica Nacional. Bogotá, Colombia. Correo: dfi_yberrios490@pedagogica.edu.co.
2. Licenciada en física, Universidad Pedagógica Nacional. Bogotá, Colombia. Correo: dfi_mramos539@pedagogica.edu.co.

Abstract

This study forms part of research on the teaching of physics. The question that directed it was: How a proposed classroom, based on the photoelectric effect experiment helps pre-service teachers of physics of the Universidad Pedagógica Nacional to expand their understanding of the concept of quantization energy of radiation? The construction of the theoretical framework developed on the one hand, with scientific ideas about the quantization of energy, and moreover, with the educational proposals of teaching for understanding. This pedagogical approach was guided by the investigative gaze of the study methodology based on design, taking as main element the use of learning tools such as the task to Predict, Experiment and Explain (PEE). It was found that these tasks fomented the initial understandings of students about the concept, while they enriched and transformed progressively their models and scientific ideas, promoting aspects of scientific work in developing curiosity, imagination and motivation.

Keywords: Quantization, energy, teaching, understanding, physical.

Introducción

Debido a la relevancia y prominencia del concepto de energía en los currículos de ciencias se ha desarrollado una línea de estudio referida a su enseñanza y aprendizaje (Solves, J. y Tarín, F., 1998). Algunos de los resultados de estos estudios sugieren que, en términos generales, los estudiantes de la escuela secundaria presentan dificultades para la comprensión del concepto de energía consensuado por las comunidades científicas, particularmente, en las ideas de transformación, transferencia, degradación y conservación de la energía (Hierrezuelo, J. y Molina, E., 1990; Pacca, J. y Henrique, K., 2004; Solves, J. y Tarín, F., 2004), porque las concepciones que tienen los estudiantes sobre la energía, con las que llegan al aula de clase, son propias del pensar del sentido común. De allí que habitualmente: a) asocien la energía a sus fuentes: la energía está en el sol, en el carbón y en la electricidad; b) atribuyan la energía a los sistemas en movimiento o con vida: los cuerpos que se mueven tienen energía; c) consideren la energía como sinónimo de combustible:

la energía es lo que mueve un carro; y d) asignen a la energía un carácter material: la energía como sustancia que se puede almacenar o consumir (Solves, J. y Tarín, F., 2004 y 1998; Pacca, J. y Henrique, K., 2004). La intención no es realizar una crítica a estas ideas relacionadas con el sentido común, más bien, lo que se busca es que los estudiantes puedan enriquecer y fortalecer sus ideas.

Del mismo modo, Cordero y Mordeglija (2007) plantean que los estudiantes universitarios —de carreras no Físicas— también tienen dificultades para comprender el concepto de energía. Prueba de ello es que al finalizar los cursos de física muchos tienen problemas para: a) diferenciar los conceptos de fuerza y energía; b) hacer uso de relaciones de causalidad, ejemplo: la fuerza como la causante lineal del cambio de energía; c) identificar la no conservación de la energía en sistemas mecánicos; d) distinguir entre tipos de energía; y e) alejarse de la concepción material —sustancialista— de la energía.

A pesar de que estos problemas se identificaron en la comprensión del concepto de energía, es probable que, si se estudian las dificultades en

la comprensión del concepto de energía de la radiación, aparezcan dificultades similares a las ya mencionadas. Este supuesto es fundamental debido a que en la literatura no se encuentran estudios relacionados con las dificultades que tienen los estudiantes para comprender dicho concepto. Cabe resaltar que en los trabajos de Hierrezuelo, y Molina (1990); Pacca y Henrique (2004); Solves y Tarín (2004); Cordero y Mordeglia (2007) se ha dejado de lado el concepto de energía de la radiación.

Adicionalmente, el concepto de energía se suele introducir, casi que exclusivamente, durante el estudio de los fenómenos mecánicos y térmicos (Solves y Tarín, 2004). De allí que, normalmente, no se aborde la idea de la energía del campo electromagnético, el concepto de energía en reposo —propio de la teoría especial de la relatividad— y el carácter cuantizado de la energía de la radiación y de los sistemas atómicos —característico de la física moderna— (Solves y Tarín, 2004).

Este concepto tiene un lugar protagónico en el desarrollo de los conocimientos científicos, pues hacia comienzo del siglo XX permitió explicar una serie de nuevos fenómenos tales como el efecto fotoeléctrico y la radiación de cuerpo negro. Para explicar, por ejemplo, el espectro de radiación de un cuerpo negro, Planck se vio abocado a introducir la idea de que la radiación emitida por este tipo de cuerpos no era continua, como lo sugería la teoría clásica, sino que correspondía más bien a un carácter discreto.

Además, el concepto de cuantización de la energía es un concepto estructurador en la física moderna, porque le permite al estudiante establecer relaciones con otros conceptos no menos importantes tales como: el concepto de discretización de la materia, cuantos de acción, fotón, radiación, luz, dualidad onda partícula, energía de la radiación, fotocorriente, fotoelectrón, entre otros.

En concordancia, debido a la relevancia científica del concepto de cuantización de la energía, las dificultades señaladas y las escasas investigaciones que se han realizado alrededor de su enseñanza-aprendizaje, se hace necesario diseñar propuestas

didácticas, tanto para la escuela secundaria como la universidad, capaces de ayudar a los estudiantes a desarrollar amplias y profundas comprensiones sobre dicho concepto.

Específicamente, fue de gran interés estudiarlo en un contexto universitario, ya que su comprensión exige conocimientos acerca de física de ondas y física cuántica. Por consiguiente, se desarrolló la didáctica para un grupo particular de estudiantes del curso de física moderna del Departamento de Física de la Universidad Pedagógica Nacional.

Marco teórico

Teniendo en cuenta que la metodología de investigación que orienta este trabajo es el estudio basado en diseño, el cual propone la necesidad de establecer modelos teóricos que, junto con la definición de una meta pedagógica, permiten mejorar los procesos de enseñanza y aprendizaje de los contextos educativos, (Rinaudo y Donolo, 2010) en lo que sigue se desarrolla una breve descripción de dichos fundamentos que cohesionan esta investigación.

¿Qué se entiende por comprender y por comprensión?

Esta investigación se sustenta en el marco conceptual de enseñanza para la comprensión. Siguiendo a Perkins, citado en Martínez (2007, p.27), se considera que “comprender es la habilidad de pensar y actuar con flexibilidad a partir de lo que uno sabe”, además comprender un tema implica explicar, justificar, extrapolar, vincular y aplicar. De otro lado, de acuerdo con Stone citado en Martínez (2007, p.27), “la comprensión es la capacidad de usar el propio conocimiento de maneras novedosas”.

Ahora bien, se reconoce que dentro de este marco existen cuatro elementos fundamentales que orientan el quehacer docente, estos son: a) los temas generativos, b) las metas de comprensión, c) los desempeños de comprensión y d) la evaluación diagnóstica.

Los temas generativos son aquellos contenidos centrales para una o varias disciplinas. Estos son

conceptos que ofrecen profundidad y desarrollo conceptual (Perkins y Blytche, 2005). En concordancia, el tema generativo de la presente investigación es precisamente el concepto de la cuantización de la energía de la radiación pues es un concepto potente y unificador propio de la física moderna.

Se debe decir también que las metas de comprensión hacen referencia a lo que el docente quiere que el estudiante comprenda, en este caso la meta apuntó a la comprensión del concepto ya mencionado.

Por otro lado, los desempeños de comprensión ayudan a construir y demostrar la comprensión de los estudiantes cuando ellos reconfiguran, expanden, extrapolan y aplican lo que ya saben.

Finalmente, la evaluación diagnóstica hace referencia a evaluaciones continuas de metas de comprensión. Estas configuran la planificación, al igual que estiman el progreso de los estudiantes, además de permitir la retroalimentación de sus comprensiones para así encontrar el sentido de lo aprendido (Martínez, 2007).

Reseña histórica del concepto de cuantización de la energía de la radiación

La construcción de la teoría sobre la cuantización de la energía de la radiación inicia con los estudios del fenómeno del efecto fotoeléctrico. Este fue descubierto por el físico alemán Heinrich Hertz en el año 1887, en sus experimentos para estudiar la propagación de las ondas electromagnéticas en el espacio, para los cuales utilizó dos esferas metálicas cargadas eléctricamente —una positiva y otra negativa— situándolas a una distancia considerable y observando su descarga mediante una chispa. Por accidente, sobre una de estas esferas incidió luz ultravioleta, permitiéndole a Hertz descubrir que se facilitaba la descarga. Aunque a este hecho no le dio gran importancia lo denominó el fotoefecto, sin saber que posteriormente, resultaría ser un descubrimiento muy importante para el desarrollo de la física moderna.

Más tarde, hacia el año 1897 el físico británico Joseph Thomson estudió el flujo de carga de una

placa metálica en un tubo de rayos catódicos, logrando determinar la existencia de partículas de carga negativa. Este trabajo fue uno de los principales aportes para que más adelante los físicos Hallwachs y Philip Von Lenard pudieran retomar el descubrimiento de Hertz.

En efecto, gracias a los aportes de Thompson, el físico alemán Hallwachs estudió el fenómeno descubierto por Hertz y encontró que el electrón adquiere energía en el proceso de interacción con la luz, la cual es la causante de que este se libere del material al cual está ligado.

Para precisar esto, el físico alemán Von Lenard reelaboró el diseño experimental de Hertz empleando un tubo de rayos catódicos, con dos electrodos, uno de carga negativa —cátodo— sobre el cual se hacía incidir la luz ultravioleta y el otro de carga positiva —ánodo—, el cual recolectaba los electrones que provenían del cátodo.

Lenard encontró que en este fenómeno había un flujo de carga negativa, haciendo posible medir una corriente, que la luz puede arrancar electrones de una superficie metálica y que estos se pueden propagar en el vacío (Eisberg, 1973). De lo anterior, concluyó que la energía del electrón estaba relacionada con la frecuencia de la luz, denominando a este fenómeno efecto fotoeléctrico.

Para dar una explicación satisfactoria a dicho fenómeno, que no contradijera las teorías clásicas de la luz expuestas por el físico James Maxwell en las que la luz, al ser parte del espectro electromagnético, tiene un carácter ondulatorio se planteó un modelo que expresara la interacción de las ondas electromagnéticas luminosas con la carga de los electrones, considerando que la energía cinética con la que estos se liberan está asociada a la amplitud de sus vibraciones como consecuencia de la interacción del campo eléctrico oscilante sobre estos. Para ello, el electrón debe absorber gran cantidad de energía, y de acuerdo con la teoría clásica para que este proceso se dé, el electrón necesita un tiempo grande, el cual no se aprecia experimentalmente. Este hecho dificultó la comprensión del fenómeno por mucho tiempo (Eisberg, 1973).

Paralelamente, existió una tesis muy debatida en el siglo XIX en la que predominaba la idea corpuscular de la luz. Se consideraba que esta era materia desprendida por cuerpos luminosos —teoría de emisión— admitida por Newton en 1704 y controvertida por Huygens al afirmar que la luz se comporta como una onda que se propaga en el espacio y se evidencia en los fenómenos de reflexión, refracción, interferencia y difracción.

A la par de estas discusiones sobre la naturaleza de la luz, que tenían un éxito alternado, se desarrollaba otro experimento crucial conocido como radiación de cuerpo negro, el cual, junto con el experimento del efecto fotoeléctrico, sin sospecha alguna, serían cruciales para dirimir entre las dos tesis expuestas acerca del comportamiento de la luz.

En este sentido, para entender el nuevo fenómeno de radiación de cuerpo negro, la física teórica debía describir el comportamiento de dicha radiación en función de su temperatura, para lo cual se apoyó en los estudios de la termodinámica, pero a una escala atómica (De Broglie, 1952). A partir de estos estudios los físicos británicos Rayleigh y Jeans buscaban explicar la densidad de energía de radiación, encontrando que esta era infinita para altas frecuencias de radiación; un resultado incoherente (De Broglie, 1952). A esto se le conoció como la catástrofe ultravioleta.

Más tarde, hacia el año 1900, el físico alemán Max Planck establece el equilibrio térmico en una cavidad negra, en la que su material absorbe y emite radiación, existiendo cambios de energía entre la radiación y la materia que se compensan dando una posible solución al problema de la catástrofe ultravioleta. Además, supone que es necesario introducir un elemento adicional a la teoría, de tal manera que se pueda restringir el papel de los osciladores a altas frecuencias, planteando que la materia no puede emitir energía radiante más que por cantidades finitas proporcionales a la frecuencia.

Gracias al desarrollo de los experimentos del efecto fotoeléctrico y cuerpo negro, en un momento de la historia en que la gran controversia entre las teorías relacionadas con los fenómenos de la luz

estaba en su máximo debate, Planck logra explicar la radiación de la luz emitida por cuerpos a altas temperaturas al suponer que esta debía tener mayor energía para alcanzar frecuencias más altas de radiación e introdujo para ello su famosa ecuación:

$$E = h\nu \quad \text{ecuación 1}$$

Donde E representa la energía de la radiación, h la constante de Planck cuyo valor es $6,625 \times 10^{-34} \text{ J} \cdot \text{s}$ y ν la frecuencia de la radiación.

Lo que expresa esta ecuación es que la radiación se emite o absorbe en paquetes de energía, idea que fue confirmada por el experimento del efecto fotoeléctrico. Esto es, la energía de radiación depende del producto de su frecuencia por la constante de Planck.

Finalmente, Einstein retoma la idea de Planck de los paquetes de energía de la radiación y logra explicar el fenómeno del efecto fotoeléctrico, demostrando que la energía de la radiación se distribuye por paquetes llamados cuantos, los cuales tienen un valor que depende de su frecuencia. A esto se le conoce como la cuantización de la energía de la radiación.

Junto a estos experimentos surgieron otros que apoyaron la nueva idea de la cuantización de la energía de la radiación, a saber: el trabajo de Millikan, el estudio de los espectros atómicos, entre otros. Estos experimentos en su conjunto dieron paso a la creación de los sistemas teóricos de la física moderna, que se fundan en la idea de que la energía de la luz no es continua, sino que está cuantizada, es decir, es discreta a escala microscópica.

Propuesta de aula

Para el desarrollo de esta propuesta de aula se tiene en cuenta una fase que propone la metodología basada en diseño. Esta hace referencia al reconocimiento del contexto y de la población en la que se lleva a cabo la investigación. Dicho reconocimiento fue realizado antes del proceso de intervención en el aula.

En esta investigación participaron 18 estudiantes divididos en pequeños grupos siguiendo los lineamientos del curso de física moderna. En relación a la disposición metodológica del ambiente académico de este curso se sabe que el docente titular lo ha dirigido por más de cuatro años. Él acostumbra a organizar a sus estudiantes en grupos de trabajo, a fin de que cada uno realice varios de los experimentos cruciales que agenciaron la transición entre la física clásica y la física moderna, tales como: radiación de cuerpo negro, gota de Millikan, espectros atómicos, relación carga-masa, difracción de electrones, Frank Hertz y efecto fotoeléctrico.

Tradicionalmente, los estudiantes “rotan” para la realización de los experimentos, dado que se cuenta solo con un montaje experimental para cada una de las prácticas. Esta rotación semanal no implica ninguna secuencia estricta.

Es importante aclarar que aunque el profesor considera que es fundamental que sus estudiantes exploren el fenómeno del efecto fotoeléctrico, la realización de dicho experimento resulta inaccesible, porque el Departamento de Física no cuenta con el material de laboratorio requerido.

Es por esto que se considera necesaria la construcción de un dispositivo experimental que permita a los estudiantes explorar el experimento del efecto fotoeléctrico, ya que lo que las personas aprenden al experimentar está mediado por el instrumento que utilizan, es decir, que la teoría no está separada del instrumento (Ferreirós y Ordoñez, 2002).

Adicional a esto, y siguiendo los lineamientos de la metodología de investigación, se plantea la utilización de herramientas de aprendizaje, considerándose otra razón fundamental para construir el equipo experimental. Más adelante será descrito el funcionamiento del dispositivo experimental construido.

Ahora bien, para ayudar a los estudiantes a ampliar sus comprensiones sobre el concepto ya mencionado, se toma como inspiración la propuesta de Gunstone *et al.* (1988), citados en Hofstein, y Kind, (2012) de organizar las actividades de enseñanza y aprendizaje a través de las tareas de

predecir-observar-explicar (POE). Claro está, estas tareas fueron reelaboradas y redefinidas como: predecir-experimentar-explicar (PEE), considerando que sería más enriquecedor para los estudiantes desarrollar una experimentación y no simplemente una observación, pues la experimentación implica que ellos interactúen con el fenómeno en cuestión para construir comprensiones, debido a la gran carga teórica que involucra la elaboración de conceptos y a su vez implica reflexionar sobre las experiencias a la luz de sus conocimientos conceptuales (Hofstein y Kind, 2012).

Además, según Martí (2012), es necesario que los estudiantes actúen sobre los objetos y los manipulen, que exploren la realidad, se hagan preguntas, elaboren predicciones, comparen los resultados de sus acciones, busquen explicaciones a eventos. Lo cual se convierte en una actividad manipulativa y al mismo tiempo intelectual porque según Piaget (1985), citado en Martí (2012, p17) actuar sobre los objetos sin una predicción previa no tiene ningún valor educativo.

En lo que sigue se describen cada una de las tres tareas PEE con las cuales se pretende dar cumplimiento a una de las fases de la metodología basada en diseño, la cual está relacionada con la mejora de los procesos de enseñanza y aprendizaje.

Tarea de predecir

En esta primera tarea se pidió a los estudiantes anticipar un resultado, por escrito, razonando sobre lo que creían que ocurría en diversas situaciones, relacionadas con el fenómeno del efecto fotoeléctrico a partir de preguntas desencadenantes. Esto porque, siguiendo a Martí (2012), las predicciones o ideas de los estudiantes ocupan un lugar central y guían la acción en la búsqueda de lo desconocido.

Uno de los objetivos de plantear preguntas desencadenantes fue poner a los estudiantes ante la necesidad de elaborar una respuesta que implicara movilizar y transformar sus comprensiones como lo propone Roca (2005). Otro objetivo de plantear estas preguntas fue favorecer la discusión y la

participación dentro de los grupos de trabajo, para así estimular la motivación a aprender. Un último objetivo fue identificar las comprensiones iniciales de los estudiantes, dado que responder preguntas implica utilizar las comprensiones previas para dar respuesta a situaciones novedosas; es decir, implica pensar y actuar con flexibilidad.

Naturalmente, dichas preguntas fueron enmarcadas en un contexto y planteadas desde un horizonte de comprensión de las ciencias a partir de situaciones problema, es decir, no se hicieron en el vacío para inducir tareas. Para ello, el experimento del efecto fotoeléctrico fue el foco de atención porque se suponía que este permitiría a los estudiantes entender el fenómeno de la interacción radiación-materia, y en consecuencia comprender que la energía de esa radiación es discreta, ya que permite entender que esta energía solamente puede tomar ciertos valores y que tales valores son proporcionales a la frecuencia de la radiación incidente. A continuación, se presenta la tarea del predecir.

Situación problema: en 1887, el físico Alemán Heinrich Hertz en sus experimentos para estudiar las ondas electromagnéticas observa la descarga de dos esferas metálicas cargadas eléctricamente, mediante una chispa, las cuales se encuentran en oscuridad. Por accidente, sobre una de estas esferas incide luz de color violeta.

¿Crees que la luz que incidió sobre las esferas afectó la descarga? ¿De qué forma entiendes esa descarga, es decir, qué creerías que son esas chispas? ¿Cómo es su comportamiento, como el de una onda o como el de una partícula? ¿Qué piensas que hubiera sucedido si la luz incidente fuese de otro color, como, por ejemplo: roja, amarilla, verde, azul? ¿Consideras que la tonalidad de la luz — tenue o intensa — influyó en la descarga de las esferas? ¿Por qué sí o por qué no?

Modelo de luz: el problema de entender qué es la luz ha persistido desde la antigüedad. Los griegos pensaban que la luz eran partículas emitidas por los cuerpos, las cuales incidían en el ojo humano permitiendo ver. Posteriormente existieron dos perspectivas

que generaron controversia alrededor de la naturaleza de la luz; por una parte, Newton establecía que la luz tenía un comportamiento corpuscular y que se propagaba en línea recta de acuerdo con la teoría clásica y por otra, Thomas Young, a partir del experimento “de la doble rendija”, postuló que la luz se comportaba como una onda y no como una partícula. Este último modelo prevaleció sobre el modelo corpuscular, ya que permitía explicar los fenómenos de refracción, reflexión, difracción e interferencia de la luz. Actualmente, las comunidades científicas, consideran que la luz tiene un comportamiento dual, es decir, que se comporta como partícula, en algunos fenómenos, o como onda, en otros.

¿Cuál de estas formas de entender la luz —onda, partícula o dualidad— crees que te permite dar cuenta de las predicciones que propusiste en la parte 1? Razona acerca del por qué esta forma de entender la luz te permite explicar tus hipótesis.

Modelo de materia: el hombre, desde la antigüedad, se embarcó en la búsqueda por comprender la estructura de la materia. Uno de los primeros modelos para entender la materia fue el de J.J. Thomson, quién planteó que la estructura de esta era similar a un “pudding de pasas”, en el cual electrones de carga negativa eran partículas puntuales incrustadas en una esfera positiva. Posteriormente, Rutherford modificó ese modelo atómico, introduciendo la idea de un núcleo atómico alrededor del cual giraban los electrones. Estableció, además la idea de vacío entre el núcleo y los electrones. Ya por el siglo XX, Niels Bohr en 1913 planteó un modelo atómico que daba solución a algunos fenómenos, entre ellos, los espectros atómicos. Este modelo propone que el átomo presenta diferentes niveles de energía, en los cuales se encuentran los electrones con carga negativa y que en el centro del átomo se encuentra el núcleo cuya carga es positiva.

¿Cuál consideras que es el modelo atómico —Thompson, Rutherford, Bohr— más apropiado para justificar tu predicción? ¿Por qué? Argumenta. Si ninguno de los modelos mencionados se ajusta a tus predicciones, entonces: ¿cómo creerías que debiera ser ese modelo para satisfacer tus planteamientos?

Descríbelo y elabora una representación gráfica.

Como ya definiste tu modelo de luz y de materia en la primera parte ahora imagina y describe cómo es el proceso de interacción de la luz que incide sobre la materia que compone las esferas metálicas, en concordancia con tus predicciones. Haz una representación gráfica que ejemplifique tal proceso.

Formuladas estas preguntas, a fin de que los estudiantes predijeran, a la búsqueda de respuestas siguió una secuencia intencional de experimentación, recolección de datos, análisis y obtención de conclusiones. De esta manera, la experimentación puso a prueba la predicción inicial y condujo a su aceptación o rechazo.

Tarea de experimentar

El sentido que se dio a la realización de la tarea de experimentación estuvo orientado hacia la comprensión de los estudiantes del concepto de cuantización de energía, a través del estudio del fenómeno de efecto fotoeléctrico. Ello bajo la consideración de que el experimento juega un rol fundamental en la construcción de los conceptos científicos, ya que como lo afirman Koponen y Mäntylä (2006) en la enseñanza de la física la experimentalidad es un componente integral que aporta a la formación del conocimiento y a la conceptualización, dado que

“cualquier método de aprendizaje que exija a los estudiantes que sean activos en lugar de pasivos concuerda con la idea de que ellos aprenden mejor a través de la experiencia directa” (Hodson, 1994).

Ciertamente, durante la exploración del fenómeno del efecto fotoeléctrico, los estudiantes debían manipular materiales concretos, reflexionar sobre conceptos y realizar la toma de datos que para ellos eran significativos, dándoles sentido. Para esto, contaron con la asesoría de las profesoras investigadoras, con preguntas desencadenantes y con un dispositivo experimental intencionalmente diseñado, el cual les permitió construir tal fenómeno.

Con el fin de diseñar tal dispositivo experimental, se recurrió al trabajo realizado por el profesor Garver (2006). El montaje experimental construido cuenta con un tubo de vacío, el cual es el corazón del dispositivo. Este está conformado por un ánodo y un cátodo —del cual se liberan electrones—. A una distancia de 6 cm se encuentra la fuente de luz, leds que permiten variar la frecuencia de esta —azul 473 nm, verde 531 nm, amarillo 561 nm, rojo 603 nm y violeta 416 nm—. De igual manera, se puede variar la intensidad de la luz incidente —al variar resistencias en serie en el circuito de la figura 1b—. Además, el montaje cuenta con dos voltímetros y un potenciómetro que permite variar el paso de fotocorriente por el circuito de la figura 1c.

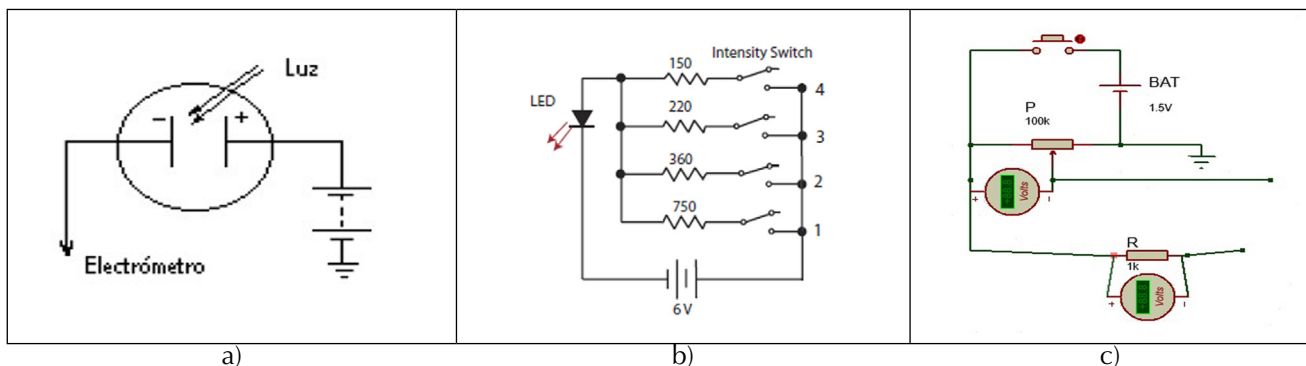


Figura 1. a) diseño experimental. b) circuito luz Led c) circuito fotoeléctrico. a) arreglo experimental para obtener el efecto fotoeléctrico.

Este diseño consta de una fuente de voltaje, dos electrodos; el ánodo, cuya función es coleccionar los electrones que se liberan de la placa opuesta y el cátodo.

Fuente: tomada de PIRIS, M.

De la misma manera que en la tarea de predecir, se realizaron algunas preguntas que condujeran a los estudiantes a establecer relaciones entre conceptos que no eran evidentes para ellos, que implicaran la necesidad de hacer un control de variables. Dándoles además su espacio y su tiempo para que ellos formularan sus propias preguntas y contrapreguntas.

En concordancia con lo anterior, la primera actividad que se propuso estuvo relacionada con la elaboración de una representación gráfica del posible dispositivo experimental que les permitiera construir el fenómeno de la interacción materia-radiación, a fin de que pensarán en las dificultades que podría tener el diseño experimental empleado por Hertz, en las variables involucradas y cómo estas se podrían medir. Este diseño experimental les permitiría valorar las predicciones hechas en la tarea 1. Las preguntas que se formularon antes de que los estudiantes realizaran el experimento del efecto fotoeléctrico, fueron:

¿Qué variables —magnitudes— crees que están involucradas en el fenómeno de la interacción materia radiación? ¿Por qué esas variables y no otras? ¿Cuáles serían los parámetros fijos? ¿Cómo se podrían medir dichas variables? ¿Es una medida directa o indirecta, es decir, se puede medir o debe calcular? Describe el proceso y los instrumentos de medida. ¿Qué variable te permite saber si las partículas de la materia se han “desprendido”? ¿Por qué esa variable y no otra? ¿Cómo podrías medirla? ¿Cuál es la carga de esas partículas?

Ya en el proceso de experimentación se presentó a los estudiantes el dispositivo experimental construido, explicándoles su funcionamiento. Paralelo a ello las preguntas fueron:

¿Cuando varías el color del led qué estás variando? ¿Por qué? Razona. ¿Crees que es importante variar la frecuencia de la radiación? ¿Para qué? ¿Cómo harías para variar la frecuencia de la radiación incidente? Explica por qué se podría variar de esa

manera. ¿Cuando varías la resistencia del circuito qué estás variando? ¿Por qué? Razona. ¿Crees que es importante variar la intensidad? ¿Para qué? ¿Cómo harías para variar la intensidad de la radiación incidente? ¿Qué crees que pasaría si el fototubo tuviese aire —partículas de gas—, es decir, si no hubiese vacío? ¿Facilitaría o no la “emisión” de partículas? ¿Por qué? Describe el proceso de interacción de las partículas de gas con los electrones “desprendidos”, ¿Cuál variable deberías fijar y cuál no para saber de qué depende la energía de las partículas que se “desprenden”? ¿Por qué? ¿Qué variables deberías relacionar? ¿Por qué?

Durante la realización del experimento, los estudiantes utilizaron dos multímetros en escala 200 mV. Con uno de ellos medían la diferencia de potencial entre los electrodos o voltaje de frenado, el cual les permitía determinar, posteriormente, la energía cinética con la que se liberan los electrones y con el otro medían el voltaje necesario para hallar la fotocorriente mediante la ley de Ohm. La fotocorriente es la que permite evidenciar la emisión de electrones del cátodo.

Para orientar estas mediciones se plantearon algunas preguntas de cierre:

¿Cómo podrías hacer para conocer el valor de la energía de las partículas que se han desprendido? ¿Esa energía se puede medir con el dispositivo experimental o se debe calcular? ¿Cómo se podría medir con los instrumentos que se tienen o cómo se podría calcular? Si has recogido valores de voltaje, ¿cómo podrías hacer para saber el valor de esa energía? ¿Cuál de los dos voltajes que mediste (el voltaje de frenado o el voltaje-fotocorriente) te permite conocer el valor de la energía de las partículas que se han desprendido? ¿Por qué un valor de voltaje te permite saber la energía de las partículas? ¿El voltaje que mediste depende de la frecuencia o de la intensidad de la radiación incidente? Si la energía cinética de las partículas cargadas depende del voltaje, entonces ¿esa energía dependerá de la frecuencia o de la intensidad de la radiación?

Por último, se pidió a los estudiantes realizar las respectivas tablas y gráficas de datos con el fin de que ellos relacionaran las variables que creían que eran significativas para saber de qué depende la energía de las partículas que se “desprenden” de la materia. Adicional a ello, se les pidió calcular los valores de la energía de esas partículas, no sin antes darles tanto los valores de las frecuencias de la luz emitida por el led como el valor de las resistencias para que ellos estimaran el valor de las intensidades, ya que a mayor resistencia menor intensidad de la luz.

En síntesis, los estudiantes realizaron tres gráficas con los valores obtenidos: a) voltaje de frenado en función de la frecuencia de la luz, b) fotocorriente en función de la intensidad y c) voltaje de frenado en función de intensidad. Para el caso de las gráficas b) y c), los valores de la intensidad estaban previamente definidos en una relación 1, 2, 3, 4, que hace referencia al cambio de la intensidad de la luz de un valor menor a uno mayor, es decir, existe una variación lineal en dichos valores.

Tarea de explicar

Por último, en la tarea de explicar se esperaba que, desarrolladas las actividades anteriores, los estudiantes aplicaran los nuevos conceptos a situaciones novedosas. Para ello, las preguntas realizadas tuvieron como objetivo que ellos tomaran conciencia de lo que habían comprendido y buscaran causas y/o consecuencias de algunos eventos teniendo a la base el concepto de cuantización de la energía.

Ciertamente tales preguntas se realizaron en relación a la metodología de trabajo, los resultados del experimento y el análisis de los datos ya que, como afirma Roca (2005), esto permite que los estudiantes conozcan datos y procesos relacionados con el tema de estudio y vayan construyendo una imagen de ciencia resultado de su experimentación. Por ello, realizamos preguntas específicamente en relación al concepto de cuantización de la energía:

Teniendo presentes tus predicciones y la experimentación, responde:

¿Cómo explicas que la fotocorriente aumenta al aumentar la intensidad de la radiación incidente? ¿Cómo podrías explicar que al aumentar la frecuencia de la radiación incidente, aumenta la energía de las partículas que se desprenden? ¿Los electrones liberados tienen energía? ¿De dónde la adquirieron? ¿Quién se la transmitió? En el proceso de interacción electrón-fotón ¿se presenta alguna colisión entre ellos? ¿Por qué? ¿Qué tipo de colisión —elástica o inelástica—? Describe el proceso de colisión entre ellos.

De la experiencia que realizaste, ¿podrías afirmar que los fotones son paquetes de energía? ¿Por qué? ¿Cómo concibes su comportamiento —corpúscular, ondulatorio o dual—? ¿La energía de la luz incidente es por paquetes o se distribuye uniformemente en el espacio?, ¿Qué comprendes por cuantización de la energía? Argumenta. ¿Consideras que la “investigación” que has hecho —predecir, experimentar y explicar— se parece a la de los científicos?

Imagina lo que sucedió en el proceso de interacción radiación-materia. Haz una descripción detallada que recoja tus explicaciones sobre cómo podría ser tal proceso, en relación a todos los conceptos ya trabajados. Realiza tu explicación en forma de narración, de relato, contando cómo ha pasado cada cosa.

Cabe resaltar que, al momento de construir las explicaciones, los estudiantes tuvieron en cuenta las predicciones realizadas en la tarea uno y los datos arrojados del experimento en la tarea dos.

Análisis: resultados y discusión

A continuación, se presentan las tablas de los resultados de cada tarea PEE y su correspondiente análisis.

Tarea: Predecir**Tabla 1.** Respuestas de los estudiantes en la tarea de predecir.

Pregunta investigable	Predicción escrita	Predicción oral
¿Crees que la luz que incidió sobre las esferas afectó la descarga? Justifica. Establece las diferencias que te permitan comparar la descarga -chispa producida- de las esferas: i) sin luz violeta incidente ii) con luz violeta incidente.	Sí, porque cuando la descarga se da con luz incidente la chispa toma su color. Además, la esfera sobre la que incide la luz, se calienta. La luz está relacionada con fotones y la descarga con electrones... el fotón perturba al electrón	La luz influye en el tamaño de la chispa porque cuando la luz incide sobre la esfera cargada positivamente, la chispa es mayor que cuando la luz incide sobre la esfera cargada negativamente.
¿De qué forma entiendes esa descarga?, ¿qué creerías son esas chispas? ¿Cómo es su comportamiento, como el de una onda o una partícula?	La descarga perturba al aire calentándolo produciendo un cierto color en este y las chispas se comportan como ondas, porque son luz.	La chispa carga de color al aire, dependiendo de la cantidad de chispas así será el color del aire. El conjunto de chispas es una perturbación del espacio.
c) ¿Qué piensas que hubiera sucedido si la luz incidente fuese de otro color, como, por ejemplo: roja, amarilla, verde, azul?	Variaría la velocidad de la descarga: es más rápida cuando incide luz roja, seguida de la amarilla, verde y finalmente azul.	La descarga de la luz azul sería la más lenta por el efecto térmico, es decir, porque es la luz cuya temperatura es menor.
d) ¿Consideras que la tonalidad de la luz - tenue o intensa- influyó en la descarga de las esferas? ¿Por qué si o por qué no?	Entre más intensa es la luz, más caliente es, cambiando la velocidad de la descarga, y la chispa sería más luminosa.	Esto lo sabemos de uno de los experimentos que ya realizamos: radiación de cuerpo negro.
h) ¿Cuál de estas formas de entender la luz -onda, partícula o dualidad- crees que te permite dar cuenta de las predicciones que propusiste en la parte 1?	La luz tiene un comportamiento dual -como partícula o como onda- ya que la luz tiene características de ondas -intensidad- pero tiene partículas llamadas fotones.	La luz antes de incidir sobre las esferas se comporta como onda y una vez choca con la esfera se convierte en partícula porque la energía que la luz lleva se disipa.
i) ¿Cuál consideras que es el modelo atómico -Thompson, Rutherford, Bohr- más apropiado para justificar tu predicción?, ¿Por qué?, Argumenta.	El modelo atómico más adecuado a las predicciones es el de Bohr porque el electrón puede saltar de un nivel a otro produciendo una chispa de un color determinado.	En la situación planteada se dan intercambios de energía, para lo cual, esa energía debe estar en paquetes.
k) Como ya definiste tu modelo de luz y de materia, en la primera parte, ahora imagina y describe cómo es el proceso de interacción de la luz que incide sobre la estructura de la materia que compone las esferas.	En este proceso, se pueden presentar dos situaciones: i) que las partículas -fotón y electrón- no colisionen al haber vacío entre el núcleo y los electrones y ii) que las partículas sí colisionen, generando un intercambio de energía.	Es posible hacer cambiar de nivel a un electrón excitándolo.

Estos resultados fueron analizados y valorados a través de cuatro categorías, las cuales están relacionadas con: i) las ideas que están a la base; en relación a: la luz, la materia y su proceso de interacción; ii) las fuentes que se usan como: la intuición, los modelos teóricos, la evidencia empírica elaborada y las experiencias cotidianas; iii) la forma como los estudiantes se comunican; de manera coherente-incoherente; y iv) el pensamiento analógico.

En cuanto a la primera categoría, relacionada con las ideas, se encontró que los estudiantes mencionan importantes ideas científicas acerca de la luz y la materia para predecir. Por ejemplo, en relación a la naturaleza de la luz, afirman: “la luz tiene un comportamiento dual —como partícula o como onda— ya que la luz tiene características de ondas —intensidad— pero tiene partículas llamadas fotones”. Esto muestra que ellos conciben que exista un comportamiento de la luz como partícula y como onda, pero no lo asocian a un fenómeno en particular.

Adicional a ello, en cuanto al modelo atómico dicen: “el modelo atómico más adecuado a las predicciones es el de Bohr porque el electrón puede saltar de un nivel a otro produciendo una chispa de un color determinado, en este, con el salto de nivel se puede explicar porque vemos un color fijo y no la gama de colores de todo el espectro”.

Es posible comprender que los estudiantes conciben importantes ideas sobre la naturaleza de la luz y sobre el modelo atómico bajo el cual realizan sus predicciones, encontrando que conocen que la luz tiene un comportamiento dual y que el átomo presenta niveles de energía en los cuales se puede mover el electrón. Además, sostienen la idea de que cuando la luz incide sobre el átomo puede excitar al electrón haciéndolo cambiar de nivel: “Es posible hacer cambiar de nivel a un electrón excitándolo”.

Dentro de la segunda categoría fue posible notar que los estudiantes hacen uso de diferentes fuentes para realizar sus predicciones; una de ellas es la intuición que, a nuestro juicio, tiene que ver con la creatividad y la imaginación en la que el estudiante se apoya para realizar sus predicciones. Prueba de ello es que los estudiantes mencionan “porque cuando las esferas

se descargan, la chispa producida toma el color de la luz incidente”. Además “la esfera sobre la que incide la luz, se calienta y dependiendo de la frecuencia de la luz será el tiempo que tarde la descarga, es decir, a mayor frecuencia tarda mucho más la descarga”.

Como consecuencia de lo anterior, se encontró que los estudiantes inventan modelos basados en su imaginación para comprender que es lo que puede suceder en la situación propuesta. En términos generales, ellos consideran que la luz es la causante de las características de la chispa generada.

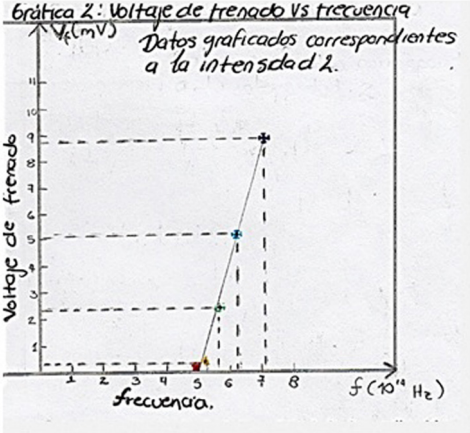
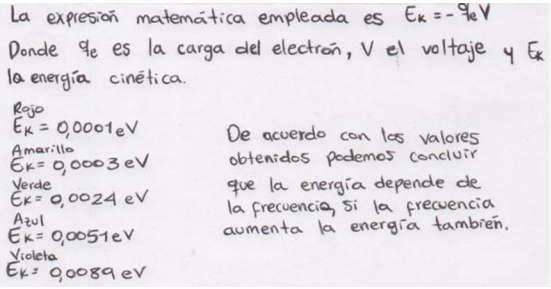
Otra de las fuentes que los estudiantes emplean para hacer sus predicciones es la de los modelos teóricos. Verbigracia “La descarga [de las esferas] de la luz azul sería la más lenta por el efecto térmico, es decir, porque es la luz cuya temperatura es menor”. De acá vemos que los estudiantes asocian diferentes frecuencias de la luz a diferentes temperaturas, haciendo uso de la teoría de la radiación de cuerpo negro, en la que a cada color se le asocia una temperatura dada. Sin embargo, lo hacen de forma errada, ya que la luz azul es aquella que posee la mayor temperatura dentro del espectro visible.

Otra fuente ampliamente empleada por los estudiantes es la evidencia empírica elaborada; ellos no solo usan modelos teóricos para predecir, sino que además hacen uso de lo que ya han venido comprendiendo en los experimentos que han realizado anteriormente en su curso de física moderna. He aquí un ejemplo: “entre más intensa es la luz, más caliente es, esto lo sabemos de uno de los experimentos que ya realizamos: radiación de cuerpo negro”.

En lo referente a la cuarta categoría, se encontró que algunas veces los estudiantes presentan incoherencia entre lo que dicen en una predicción y lo que dicen en otra. He aquí un ejemplo: los estudiantes comentan, por un lado, que la temperatura de la luz incidente depende del color de la luz —su frecuencia—, y por otro lado, exponen que la temperatura de la luz depende de la intensidad de la luz. Lo anterior muestra que ellos presentan una contradicción, en términos de las ideas científicas, ya que la temperatura no puede depender tanto de la intensidad y de la frecuencia de la luz, a la vez, porque son dos magnitudes diferentes.

Tarea: Experimentar

Tabla 2. Respuestas de los estudiantes en la tarea de experimentar.

Pregunta investigable	Respuesta escrita	Respuesta oral
¿Qué variables —magnitudes— crees que están involucradas en el fenómeno de la interacción materia-radiación?, ¿Cómo se podrían medir dichas variables?	La longitud de onda de la luz y la carga porque sí se varía la luz variaría el efecto. El aparato de medida sería un voltímetro para medir la carga y observando el color de la luz se podría saber su frecuencia.	Otras variables involucradas podrían ser las dimensiones del “chisporroteo”, el medio —su humedad, temperatura y presión— el color de la chispa y su frecuencia.
¿Cuándo varías el color del led, qué estás variando? ¿Crees que es importante variar la frecuencia de la luz? ¿Cuál creerías que es el sentido de variarla?	Al variar el color del led, se está variando la longitud de onda de la luz incidente, ya que cada color de la luz tiene una longitud de onda diferente.	Sería importante porque diferentes frecuencias de la luz incidente interactúan de manera diferente con la materia.
¿Crees que es importante variar la intensidad de la luz? ¿Cuál creerías que es el sentido de variarla?	Variar la intensidad de la luz está relacionado con el número de electrones que se “arrancan” de la materia.	A mayor intensidad, se “arrancan” más electrones.
¿Cómo podrías hacer para conocer la energía de las partículas que se han desprendido? ¿Esa energía se puede medir con el dispositivo experimental o se debe calcular?	Se debe mantener constante la diferencia de potencial y la intensidad de la luz, y se debe variar el color del led, o sea, la frecuencia de la luz incidente.	Si se conoce el voltaje se puede conocer la energía porque estas dos variables están asociadas, es decir, si se mide el voltaje, se está midiendo implícitamente la energía. La energía depende de la frecuencia.
Realiza las respectivas gráficas de los datos que recogiste que te permitan comprender de qué depende la energía de las partículas que se desprenden.	 <p>Figura 2. Los estudiantes elaboran una gráfica de Voltaje de frenado (relacionado con la energía necesaria para detener los electrones liberados del cátodo) vs. Frecuencia (color de luz led — roja, verde, azul y violeta—) manteniendo una variable fija correspondiente a la intensidad de luz número dos. En esta gráfica ellos obtienen una función lineal.</p>	
Con los datos que has recogido y apoyándote en las comprensiones que has alcanzado, calcula los valores de la energía de las partículas que se han “desprendido”.	 <p>Figura 3. Cálculos de la Energía Cinética.</p>	

De la misma manera que en la tarea 1, para el análisis de la tarea 2, se establecieron dos categorías de análisis para las respuestas de los estudiantes, relacionadas con: i) el sentido que ellos le dan a los datos al analizarlos e interpretarlos, y ii) la comunicación de una manera clara y coherente de los datos en relación a los hechos obtenidos.

Dentro de la categoría uno vale señalar que los estudiantes identifican las variables que consideran más importantes en el proceso interacción radiación-materia y sus respectivos instrumentos de medida. Por ejemplo, establecen que las magnitudes que están involucradas en el proceso de interacción son: "La longitud de onda de la luz y la carga porque sí se varía la luz variaría el efecto. El aparato de medida sería un voltímetro, para medir la carga, y observando el color de la luz se podría saber su frecuencia". Es posible notar que si bien identifican las variables involucradas no identifican de manera correcta el instrumento de medida de la carga eléctrica porque dicen que esta se podría medir con un voltímetro, pero en realidad el aparato correcto para medir dicha carga es el electroscopio.

De igual modo, ellos tratan de darle sentido a los datos obtenidos, estableciendo su importancia; al variar las frecuencias notan que varía el voltaje de frenado medido con el voltímetro. Por otra parte, mencionan que es necesario conocer la diferencia de potencial entre los electrodos y la frecuencia de la luz incidente argumentando que se deben variar por separado.

En este sentido consideran que es necesario variar el color de la luz porque desde la predicción asumen que esta influye en la descarga, por lo tanto, los cambios de color afectan de alguna manera lo que quieren medir, ya que con esto varían la longitud de onda y se puede apreciar la diferencia de la interacción radiación-materia con los valores registrados en los multímetros.

Así mismo, ven la necesidad de variar la intensidad de la luz porque afirman que, al variarla, varía el número de electrones desprendidos de la materia, es decir, "arranca" más electrones. En consecuencia, empiezan a comprender cómo se comporta

el fenómeno dependiendo de las variaciones que se hacen de la luz incidente, cuestionándose por qué afecta o no la frecuencia y la intensidad de la luz, cuestiones que en el desarrollo de la práctica experimental y en la tarea de explicar pueden ser solucionadas.

De lo anterior, fue posible encontrar que los estudiantes al momento de realizar su práctica experimental realizan reflexiones sobre lo que pueden medir y lo que pueden obtener a medida que toman datos, en gran medida orientados por sus predicciones y por las profesoras. Ellos logran encontrar cómo variar magnitudes y cómo relacionar variables, de modo que se les facilite la construcción de nuevas comprensiones en relación al fenómeno.

Esta variación de magnitudes es la que permite a los estudiantes comprender de qué depende la energía de las partículas que se desprenden de la materia. Ellos encuentran, a partir de los datos obtenidos, que se debe mantener constante la diferencia de potencial y la intensidad de la luz, y se debe variar el color del led, o sea, la frecuencia de la luz incidente. Adicional a ello, encuentran que al aumentar la intensidad de la luz la fotocorriente registrada aumenta.

Es por ello que consideran que para determinar la energía con la que son liberados los electrones, es necesario conocer el voltaje ya que están relacionados por medio de la ecuación 2, donde E es la energía cinética de los electrones liberados del cátodo, V , es el Voltaje de frenado (voltaje que se aplica entre los electrodos ánodo y cátodo) y q , es el valor de la carga eléctrica fundamental, este es un valor constante igual a $q = 1 \times 10^{-19} \text{Coulomb}$.

$$E = -Vq \quad \text{ecuación 2}$$

Además, dicen que es posible medir el voltaje, a diferencia de la energía que se debe calcular y afirman que el voltaje con el que deben determinar esa energía es el voltaje de frenado, ya que comprenden que este es el que se aplica para detener a los electrones que llegan al ánodo. Prueba de ello, es la afirmación: "el voltaje me permite conocer la

energía porque están asociados, lo podemos medir ya que cuando mido el voltaje implícitamente se puede medir la energía, esta también se puede calcular”.

De otro lado, en relación a la categoría dos que corresponde a la forma como los estudiantes comunican los datos obtenidos, se encontró que ellos generalmente los representan haciendo uso de tablas de datos y gráficas como las mostradas anteriormente, esta organización de los datos les permite evidenciar relaciones de proporcionalidad entre variables.

Para la realización de las gráficas proponen relacionar por una parte las variables que son independientes como la frecuencia y la intensidad de la luz y, por otra, las variables dependientes: voltaje de frenado y fotocorriente. Una de las conclusiones más importantes que ellos obtienen de estas gráficas es que la energía de las partículas que se “desprenden del material” no depende de la intensidad de la luz, sino de su frecuencia.

Adicional a ello, concluyen que la energía cinética depende del voltaje de frenado y la llaman energía cinética de frenado, con un valor positivo porque la carga es negativa, ellos mencionan “para calcular el valor de la energía, usamos la ecuación $E = -Vq$ el voltaje que nos permite calcular la energía es el voltaje de frenado, porque es el voltaje aplicado a las placas, que detiene al electrón, sabemos esto porque el otro voltímetro, que da el voltaje para calcular el valor de la fotocorriente, marca cero y en este momento podemos calcular la máxima energía que tiene el electrón”.

En conclusión, los estudiantes encuentran que el voltaje de frenado depende de la frecuencia de la luz porque cuando se varía la intensidad este voltaje se mantiene constante. Entonces, si aumenta la frecuencia de la luz también aumenta la energía de los electrones liberados. Esto muestra que la relación que hacen los estudiantes de los datos obtenidos y las gráficas realizadas concuerda con la explicación científica sobre el fenómeno de efecto fotoeléctrico.

Tarea: explicar

Finalmente, para la tarea de explicar se definieron tres categorías a fin de analizar las explicaciones de los estudiantes, las cuales hacen referencia a: i) explicaciones prácticas, entendidas como un tipo de justificación simple, sencilla, insustancial o trivial; ii) explicaciones descriptivas, que hacen referencia a un tipo de justificación en la cual se detalla cómo sucede cada cosa, refiriéndose a eventos relacionados, cualidades o circunstancias; y iii) explicaciones interpretativas, que son un tipo de justificación basada en una opinión personal o que puede ser entendida de diferentes modos.

La mayoría de las explicaciones de los estudiantes estuvieron clasificadas en la categoría dos —explicaciones descriptivas—, encontrando que ellos, en numerosas ocasiones, justifican con un grado de análisis alto mostrando relaciones entre la causa y el efecto. Ejemplo de ello es: “Cuando hay una mayor fotocorriente hay un mayor número de electrones arrancados porque hubo una mayor intensidad, es decir, mayor número de fotones, estas dos variables están relacionadas linealmente. Además, el electrón absorbe al fotón; si envió dos fotones saldrán más electrones que si envió uno”. Es posible apreciar que los estudiantes dan respuestas profundas y coherentes razonando de manera descriptiva.

Por la misma línea, cuando ellos se refieren al tipo de colisión entre el fotón y el electrón detallan que: “Es una colisión de tipo inelástica, el electrón y el fotón no se despegan, esto se concluye porque la luz no se refleja después de incidir. El electrón absorbe un paquete, una partícula, y queda excitado. Si el choque fuese elástico, entonces la luz rebotaría”. En esta afirmación, ellos no solo describen lo que sucede, sino que además identifican las posibles refutaciones.

Dentro de la tercera categoría, relacionada con las explicaciones de tipo interpretativo se encuentra que los estudiantes justifican a partir de lo que ellos, a juicio propio, creen que debe suceder durante la interacción entre la luz y la materia. Ellos dicen:

Tabla 3. Respuestas de los estudiantes en la tarea de explicar.

Pregunta investigable	Explicación escrita	Explicación oral
A) ¿Cómo explicas que la fotocorriente aumenta al aumentar la intensidad de la radiación incidente?	Cuando hay una mayor fotocorriente hay un mayor número de electrones arrancados porque hubo una mayor intensidad, es decir, mayor número de fotones.	Estas dos variables están relacionadas linealmente. Además, el electrón absorbe al fotón; si envió dos fotones saldrán más electrones que si envió uno.
B) ¿Cómo podrías explicar que al aumentar la frecuencia de la radiación incidente aumenta la energía de las partículas que se desprenden?	Al aumentar la frecuencia (número de oscilaciones por segundo) aumenta la energía cinética de las partículas, es decir los electrones se desprenden más rápido	Al aumentar la frecuencia se tiene mayor número de ciclos en un mismo tiempo.
C) En el proceso de interacción electrón-fotón ¿Se presenta alguna colisión entre ellos? ¿Qué tipo de colisión —elástica o inelástica—?	Sí, es una colisión de tipo inelástica (el electrón y el fotón no se despegan); esto se concluye porque la luz no se refleja después de incidir.	El electrón absorbe un paquete, una partícula, y queda excitado. Si el choque fuese elástico, entonces la luz rebotaría.
D) ¿Cómo concibes el comportamiento de los fotones —corpuscular, ondulatorio o dual—? ¿La energía de la luz incidente es por paquetes o se distribuye uniformemente en el espacio?	Los fotones son paquetes de energía. A pesar de que casi todos los fenómenos de la luz se explican como si está fuese una onda, cuando hay intercambios de energía, se comporta como partícula; con paquetes de energía.	Los fotones son quienes le dan la energía al electrón para soltarse del átomo. Tal energía dependerá de las diferentes longitudes de onda de la luz, o sea, dependerá de los fotones.
E) ¿Qué comprendes por cuantización de la energía? ¿Cómo construiste esa comprensión?, ¿para qué ese conocimiento? ¿Para qué te sirve este conocimiento en la disciplina? ¿Cómo representarías a otros tus comprensiones?	La energía viene en paquetes enteros, o sea, no hay valores irracionales. Antes se entendía la energía de forma continua, ahora se entiende de forma discreta (rampas, escalones).	La energía está cuantizada porque no puede existir medio fotón. Es decir, debe tomar valores iguales, múltiplos enteros de un valor más pequeño. Este conocimiento nos sirve para entender la naturaleza de la luz y la materia.
G) ¿En qué te parece que la “investigación” que has hecho se parece a la de los científicos?	Esta es la mejor manera para hacer un modelo físico que explique un fenómeno ya que vamos paso a paso.	Todo el tiempo quisimos saber cómo sucede el fenómeno, hicimos preguntas, tuvimos ideas y buscamos explicaciones.

“El electrón absorbe al fotón; si envió dos fotones saldrán más electrones que si envió uno”. Se logra inferir que ellos interpretan que en el fenómeno se da un proceso en el cual el electrón absorbe al fotón, a pesar que no tienen evidencia empírica para corroborarlo.

Por el mismo camino, dicen: “Es una colisión de tipo inelástica (el electrón y el fotón no se despegan); esto se concluye porque la luz no se refleja después de incidir”. Es notorio que los estudiantes van nutriendo sus comprensiones haciendo uso de interpretaciones, teniendo como marco de referencia la teoría de la reflexión de la luz.

De los anteriores resultados y discusiones es posible inferir que los estudiantes elaboraron sus explicaciones con ayuda de modelos teóricos, verificando la coherencia entre la experimentación y la explicación dada haciendo uso de diferentes canales de comunicación para expresarse como gráficas, tablas, cálculos, explicaciones escritas, orales, etc.

Para finalizar, y respondiendo a nuestra pregunta de investigación, se discutirá en las conclusiones acerca de las maneras como los estudiantes ampliaron sus comprensiones en relación al concepto de cuantización de la energía de la radiación, a partir del experimento del efecto fotoeléctrico.

Conclusiones

La pregunta de investigación que guio el presente estudio estaba orientada a saber de qué manera una propuesta de aula, basada en el experimento de efecto fotoeléctrico, ayuda a los aspirantes a profesores de física de la Universidad Pedagógica Nacional a ampliar sus comprensiones sobre el concepto de cuantización de la energía de la radiación. Pues bien, tras el análisis realizado fue posible encontrar que la propuesta de aula apoyada en las tareas de PEE funcionó en la medida en que enriqueció las comprensiones de los estudiantes. El crecimiento de dichas comprensiones se dio de manera diferencial en cada uno de ellos y se desarrolló de manera satisfactoria.

Es por esto que uno de los resultados más sobresalientes de esta investigación muestra que, durante la puesta en escena de la propuesta de aula diseñada, se fueron nutriendo las comprensiones iniciales de los estudiantes. Desde la tarea de predecir, ellos tenían comprensiones muy valiosas, las cuales se fueron fortaleciendo hasta que, posteriormente, en la tarea de explicar se ampliaron de manera sustancial, es así como al final de todo el proceso, los estudiantes dieron explicaciones que se apoyaban en el concepto de cuantización de la energía.

En suma, los estudiantes ampliaron sus comprensiones durante la realización de las tareas PEE en la interacción con sus compañeros y en las discusiones y el debate de sus ideas, ya que pasaron de explicaciones basadas en la intuición a explicaciones apoyadas en marcos teóricos y evidencia experimental. De la misma manera, el tipo de argumentos que los estudiantes dieron durante el proceso se fue fortaleciendo durante cada tarea, dado que ellos fueron pasando de explicaciones prácticas o simples a explicaciones altamente justificadas como las de tipo descriptivo e interpretativo.

Adicionalmente, los estudiantes explicitaron y transformaron de manera progresiva sus modelos e ideas científicas. Estas fueron avanzando poco a poco, hasta que eran más coherentes desde un punto de vista lógico, tenían un alcance explicativo más amplio y se apoyaban en más y mejores evidencias.

Lo anterior es producto de las situaciones problema planteadas inicialmente, las cuales implicaron a los estudiantes en procesos de análisis de conceptos y de fenómenos, más que en procesos de memorización de información y de adquisición de procesos preestablecidos. Además, las preguntas que fundamentaron nuestra propuesta de aula provocaron que ellos imaginaran y tuvieran curiosidad, dado que la búsqueda para confirmar o refutar las predicciones iniciales, generó motivación en los estudiantes.

Así mismo, es posible establecer que los estudiantes usaron al máximo algunos procesos propios de la práctica científica auténtica —predecir, experimentar y explicar— teniendo cada vez más autonomía tanto en lo que se refiere a la generación de datos y el establecimiento de hechos como a la construcción de ideas y modelos que sirven para explicar. Así, aprendieron a hacer ciencia y aprendieron sobre la ciencia, lo cual representó un valor agregado a nuestro objetivo de aprendizaje.

Por último, añadimos que la puesta en escena del dispositivo experimental construido contribuyó significativamente a la motivación y ampliación de las comprensiones de los estudiantes, en tanto que los conceptos asociados al fenómeno están estrechamente ligados al experimento y por ende al instrumento utilizado. Así, este dispositivo se constituyó en un gran aporte a nuestra propuesta de aula.

Referencias

- CORDERO, S. & MORDEGLIA, C. Concepciones sobre energía de estudiantes de carreras universitarias no físicas. Ponencia presentada en JORNADAS DE ENSEÑANZA E INVESTIGACIÓN EDUCATIVA EN EL CAMPO DE LAS CIENCIAS EXACTAS Y NATURALES, 18-19. octubre 2007.
- DE BROGLIE, L. **la física nueva y los cuantos**. Cuarta edición, editorial Lozada S.A. Buenos Aires, 1952.
- EISBERG, R. M. **Física moderna**. Limusa-Wiley, S.A. México, 1973.

- FERREIRÓS, J. & ORDOÑEZ, J. Hacia una filosofía de la experimentación. **Crítica, Revista Hispanoamericana de Filosofía**. Pp. 47-86, 2002.
- GARVER, W. The photoelectric effect using leds as source light. **The physics teacher**. N.º 44, pp. 272-275, 2006.
- HIERREZUELO, J, MOLINA, E. Una propuesta para la introducción del concepto de energía en el bachillerato. **Enseñanza de las ciencias**. V. 8, pp. 23-30, 1990.
- HODSON, D. Hacia un enfoque más crítico del trabajo de laboratorio. En Ontario Instituto para estudios en educación. Toronto: Canadá, 1994.
- HOFSTEIN, A. & KIND, P. Learning from science laboratories. Second International handbook of science education. Dordrecht, Springer, 2012.
- KOPONEN, I, MANTYLA, T. Generative role of experiments in physics and in teaching physics: A suggestion for epistemological reconstruction. 2006.
- MARTÍ, J. Aprender ciencias en educación primaria. Editorial GRAÓ. España, 2012.
- MARTINEZ, J. **La enseñanza para la comprensión**. Fondo editorial Luis. Bogotá, 2007.
- PACCA, J. & HENRRIQUE, K. Dificultades y estrategias para la enseñanza del concepto de Energía. **Innovaciones didácticas**. V. 22, n.º1, pp. 159-166, 2004.
- PERKINS, D. & Blytche, T. Ante todo la comprensión. **Revista Internacional Magisterio Educación y pedagogía**. Pp. 19-23, 2005.
- PIRIS, M. **Física cuántica**. Editorial ISCTN. Cuba, 1999.
- RINAUDO, M, DONOLO, D. Estudios de diseño. Una perspectiva prometedora en la investigación educativa. **Revista de educación a distancia**. 2010.
- ROCA, M. Las preguntas en el proceso enseñanza-aprendizaje de las ciencias. **Didáctica de les Ciències**. UAB, 2005.
- SOLVES, J. & TARÍN, F. La conservación de la energía: un principio de toda la física. Una propuesta y unos resultados. **Enseñanza de la ciencia**. Pp. 185-194, 2004.
- SOLVES, J. & TARÍN, F. Algunas dificultades en torno a la conservación de la energía. **Enseñanza de la ciencia**. V. 16, n.º 3, pp. 387-397, 1998.





CONTEXTO EN LA ENSEÑANZA DE LAS CIENCIAS: ANÁLISIS AL CONTEXTO EN LA ENSEÑANZA DE LA FÍSICA

Context in science education: analysis of the context in teaching of physics

Jair Zapata Peña¹

Para citar como este artículo: Zapata, J. (2016). Contexto en la enseñanza de las ciencias: análisis al contexto en la enseñanza de la física. *Góndola, Enseñ Aprend Cienc*, 11(2), 193-211. doi: 10.14483/udistrital.jour.gdla.2016.v11n2.a3.

Recibido: 31 de marzo 2016 / Aceptado: 9 de agosto de 2016

Resumo

En este trabajo se presenta una aproximación al estado del arte sobre las investigaciones en didáctica de las ciencias relacionadas con el papel del contexto en la enseñanza de las ciencias, particularmente de la física. Se presenta un análisis a las visiones del contexto en la enseñanza de las ciencias en general, al desarrollar una construcción sobre el concepto de contexto y las diferentes formas como se ha introducido en la enseñanza de las ciencias. Se realiza un análisis a la construcción conceptual del contexto dentro de lo cultural y se discute el contexto en la enseñanza de la física desde algunas posturas epistemológicas y prácticas. Finalmente, se muestran algunas reflexiones que buscan recoger puntos relevantes y plantear posibles campos de investigación para trabajos futuros.

Palabras claves: contexto, cultura, didáctica, estilo de enseñanza, física.

Abstract

This paper presents an approach to the state of art on research in science education related to the role of context in the teaching of science and particularly physics. An analysis visions context is presented in the teaching of science in general, where construction on the concept of context and the different forms it takes place as introduced in science education, are presented an analysis is performed construction

1. Profesor de la Universidad Libre y asesor en investigación de la Escuela de Ingenieros Militares. Magister en Ciencias-Física. Correo electrónico: jzapata25@gmail.com.

conceptual context within the cultural and context discussed in physics education from some epistemological positions and practices, finally some reflections seeking to collect relevant points and propose possible areas of future work are presented.

Keywords: context, cultural. physics, teaching, teaching style.

Introducción

Las definiciones en torno a la noción de contexto permiten caracterizarlo como un concepto polisémico y sus múltiples representaciones permean los diferentes campos de la investigación en didáctica de las ciencias. En tal sentido, se presentará una revisión sobre las investigaciones que en este campo de conocimiento vienen adelantándose, con el propósito de poder situar elementos relevantes sobre el contexto en la enseñanza de la física como objeto de profundización. El trabajo desarrollado y presentado en esta revisión hace parte de los resultados de una investigación de tesis doctoral.

Para ubicar las relaciones y conceptualizaciones que se encuentran sobre el concepto de contexto, se hace necesaria la referencia a Dewey (1938), quien introdujo el término *contexto* en la enseñanza, para explicar lo que él denominaba situación, planteando que la forma de experimentar y formar juicios sobre objetos o eventos no podría darse de manera aislada, sino que debería ser tratado como la relación de un todo contextual. Esta primera introducción de Dewey permitió establecer algunas posibilidades de orientación sobre los significados de *contexto*, como un marco referencial dentro del que estaban contenidos una serie de elementos que conformaban un entramado común para dotar de sentido a una situación particular.

El concepto *contexto* empezó a ampliarse y posicionarse desde lo epistemológico al considerarse en la construcción y desarrollo del conocimiento científico como un conjunto específico de elementos y temáticas que intervienen en el mismo, ubicándolo

en dos campos iniciales de acuerdo con Reichenbach (1938), el *contexto de descubrimiento* y el *contexto de justificación*. Zapata & Mosquera (2012), presentan una interpretación a estas definiciones de Reichenbach, considerando que el *contexto de descubrimiento* está asociado con todos los elementos que componen la producción de conocimiento tanto en la parte internalista disciplinar como en los factores externos asociados, entendidos estos primeros como los relacionados a la producción de ideas, conceptos y la proposición de hipótesis y teorías; y los segundos, factores externos, se relacionan con las circunstancias no propias del saber tales como los factores personales, psicológicos, sociales, políticos, económicos y tecnológicos que rodearon y pudieron haber permeado e influenciado la aparición y construcción de la producción de conocimientos.

De otro lado, el *contexto de justificación* se establece como aquel organismo referencial en el que se suscriben los factores que intervienen cuando el conocimiento es presentado para su validación, en términos de Reichenbach es el contexto de *reconstrucción racional*, es decir, en este contexto están involucrados los elementos necesarios cuando en el ámbito de la discusión y la defensa de posturas se busca validar la originalidad de la generación de los conocimientos, la posible falsación de una teoría, verificar la consistencia de las teorías propuestas con los conocimientos aceptados por la ciencia, evaluar las evidencias que soportan los resultados, validar las contribuciones de novedad al conocimiento disponible, entre otros. Sumado a los dos anteriores, resulta importante reconocer un tercer contexto de acuerdo

con Klimovsky (2001) denominado el *contexto de aplicación*, que involucra los posibles escenarios donde tienen lugar las discusiones y las puestas en aplicación de los conocimientos científicos, incluyendo las tensiones y posibles relaciones a favor o en contra que estas puedan traer para con la humanidad.

Enmarcado en esta discusión inicial sobre la emergencia del contexto como elemento de encauce en la construcción de conocimiento, en este trabajo se pretende presentar una revisión sobre los elementos inherentes a las concepciones y usos del contexto en la enseñanza de las ciencias y particularmente de la física. De esta manera el trabajo se discute en cuatro momentos: uno introductorio al contexto en la enseñanza de las ciencias en general, otro sobre la construcción conceptual del contexto dentro de lo cultural, un tercer momento discute el contexto en la enseñanza de la física y finalmente se presentan algunas reflexiones que buscan recoger puntos relevantes y plantear posibles campos de investigación para trabajos futuros.

Contexto en la enseñanza de las ciencias

En las últimas décadas, el reconocimiento del contexto como elemento de influencia en los procesos de enseñanza y aprendizaje lo han posicionado como un referente de estudio desde diferentes enfoques y niveles en la enseñanza de las ciencias. En esta dinámica, actualmente la enseñanza y el aprendizaje basado en el contexto se ubica como un movimiento emergente en la didáctica de las ciencias, este enfoque al igual que otros como el aprendizaje basado en problemas, aprendizaje por indagación, aprendizaje activo, etc., tienen la intencionalidad de mejorar la pertinencia de la enseñanza de las ciencias, la participación de los estudiantes al incrementar su satisfacción personal y aumentar la motivación por la ciencia, entre otros. En este sentido, la enseñanza de las ciencias basada en contexto presenta diversos aportes que han proporcionado una consolidación paulatina de este campo de conocimientos como línea emergente en la didáctica de las ciencias experimentales.

En la construcción del significado de contexto en la enseñanza de las ciencias uno de los planteamientos que aborda diversos enfoques es el realizado por Gilbert (2006), quien desarrolla un trabajo sobre la naturaleza del contexto en la enseñanza de la química, trabajo publicado en el *International Journal of Science Education* que en su número 9 del volumen 28 presenta una edición especial llamada "Context-based Chemistry Education". En este artículo, Gilbert presenta cuatro visiones desde las cuales es posible construir un significado para el entendimiento del contexto y aunque sus reflexiones están orientadas hacia la enseñanza de la química, la recurrente referenciación a este trabajo por diversos autores muestra que su traslado de la química a otros ámbitos de la enseñanza de las ciencias puede ser posible debido a la contundencia de sus argumentos para su incorporación tanto en la enseñanza de la química como en las demás disciplinas de las ciencias, particularmente de la física. Una interpretación al planteamiento de Gilbert sobre los cuatro modelos de contexto se puede resumir de la siguiente manera:

1. **Contexto como la aplicación directa de los conceptos:** este enfoque plantea que generalmente se asocia el contexto como una aplicación directa de conceptos, determinando relaciones unidireccionales entre *conceptos* y *aplicaciones* al caracterizar un uso común de la palabra contexto para referirse a la aplicación de los conceptos o las consecuencias de esa aplicación. Cuando de los lineamientos que orientan los procesos de enseñanza se trata, esta interpretación de contexto se ve reflejada en los contenidos programáticos o planes de estudio que, basados en este sentido del contexto, se enuncian como situaciones o acontecimientos extraídos del mundo en general, con el propósito que los estudiantes puedan desarrollar una mejor comprensión de las ciencias en un intento de dar sentido a un concepto después que se ha aprendido.

2. **Contexto como la reciprocidad entre los conceptos y aplicaciones:** en este modelo el contexto está formado por la sobreposición del concepto y la aplicación en una estructura cognitiva de los estudiantes. El significado es creado por la adquisición de los aspectos relevantes de la estructura de un concepto, así dentro de este modelo de contexto varios subgrupos de contexto de un tema de clase pueden ser interpretados de diferente manera; por ejemplo, para el caso de la química existen diferentes contextos que podría surgir alrededor de ella como: el contexto de los conocimientos químicos de un bioquímico, el contexto de los conocimientos químicos de un técnico en química, el contexto de la química y las cuestiones ética social-científicas. Paralelamente, se encuentra que los estudiantes no necesariamente logran ver una relación o conexión entre un determinado problema y los conceptos que deben aprender o utilizar para resolverlo. En otras palabras, el contexto de un experto no se convierte automáticamente en el contexto del alumno, es decir, lo que es claro y obvio para un experto no necesariamente lo es para un estudiante. En esta mirada el éxito de este enfoque radicaría en la pericia del maestro para traer juntos los atributos socialmente aceptados de un contexto para que sean reconocidos e interpretados dentro de los atributos del contexto reconocido en la perspectiva de los estudiantes. Esto se evidencia como una de las mayores dificultades presentadas para este modelo, al tratar de llevar el mundo real al aula de clase para que esta cuestione, reflexione e interprete el mundo real y este a su vez sirva para modificar la clase.
3. **El contexto de la interpretación por la actividad mental personal:** al igual que en los dos modelos anteriores, Gilbert parte de referencias relacionadas con trabajos de contexto en la enseñanza de la química, se tienen en cuenta en este enfoque la utilización de las ideas de la psicología de los constructos personales (Pope y Keen, 1981, citado en Gilbert 2006).

Este modelo se desarrolla a través de la implementación de tres elementos que caracterizan el proceso de educación informal, que puede ejemplificarse en la historia de las ciencias a partir de las construcciones científicas que desarrollaron Mendeleev sobre la periodicidad de las propiedades de los elementos químicos o Faraday con sus experiencias de inducción magnética (Gribbin, 2005). Esta caracterización de educación informal se puede describir a partir de: a) *Situaciones*: que hace referencia a cada evento focal; b) *Contextos*: que son producidos por las transformación de las situaciones a través de la actividad mental personal, entendiéndose como una charla interior que se da para imprimir sentido a algo; c) *Narraciones*: estos son vínculos hechos entre contextos y algún tema propio en la vida de los estudiantes, es decir, establecer una configuración para lograr la transferencia del aprendizaje a partir de la relación de saberes del entorno inmediato a otro.

4. **Contexto como circunstancias sociales:** desde esta perspectiva, un contexto se sitúa como una entidad cultural en la sociedad, en la que la dimensión social de un contexto toma un lugar esencial. Se refiere a temas y actividades de las personas que se consideran de importancia para la vida de las comunidades dentro de la sociedad. Un contexto puede contemplar, por ejemplo, los desarrollos tecnológicos que implican impactos importantes en la sociedad, como la modificación genética, los avances científicos que afectan el incremento del calentamiento global, etc.

En este panorama, King y Ritchie (2012), en su trabajo presentado en el Handbook of Science Education, realizan una interpretación a las definiciones de Gilbert (2006) sobre el contexto. Plantean que la implementación del contexto en la enseñanza debería proporcionar un significado estructural coherente para algo que es nuevo para el estudiante pero que se establece dentro de una perspectiva más amplia del mundo real. Así, por ejemplo, en la educación

en química los estudiantes deben no solamente ser capaces de dar sentido al aprendizaje de la química, sino que deben experimentar el aprendizaje como relevante para algún aspecto de sus vidas y ser capaces de construir significados coherentes y estructurantes de la asignatura.

Bajo esta línea, el contexto puede ser visto como un entorno social y como una actividad social en donde se considera que el aprendizaje, tiene lugar debido a una interacción experimental del sujeto con su entorno, de tal manera que el significado que la persona hace de una situación está determinado en gran medida por la participación en las acciones de una comunidad y el comportamiento del entorno. El modelo propone que el aprendizaje se basa principalmente en acciones, las cuales están determinadas por una dinámica de complejas interrelaciones de motivos, medios, objetivos y operaciones que se negocian entre los participantes de una actividad. Exponiendo que el contexto no es simplemente un telón de fondo para el aprendizaje del estudiante, sino que el lugar que toma en el proceso es intrínseco al aprendizaje del estudiante y protagónico en la medida que modela y determina los contenidos y su significación para el aprendizaje (Bennett y Lubben, 2006; Pilot y Bulte, 2006a; Schwartz, 2006).

De acuerdo a los cuatro modelos expuestos, se hace evidente que el contexto se instaura como un referente intencionado para los procesos de enseñanza y aprendizaje, de tal manera que sus implicaciones en el plano educativo develan posturas concretas del contexto como: *el contexto como contenido*, en el que el diseño de las unidades didácticas debe conectar contextos pertinentes que relacionen las preguntas que se derivan de los contenidos, los conceptos básicos que se pueden aplicar a responder tales preguntas y la validez del contexto en el contenido y las actividades propuestas a los estudiantes; *El contexto para estimular el aprendizaje*, donde los ambientes de aprendizaje deben motivar a los estudiantes y sus procesos de desarrollo cognitivo con el propósito de obtener aprendizajes exitosos; y *El contexto como marco para el desarrollo situado de conocimientos y competencias*, aquí los procesos

de aprendizaje en clase deben fortalecer y apoyar el desarrollo social de competencias, en especial la capacidad para establecer relaciones y transferencias al interpretar los resultados de los aprendizajes entre un contexto y otro sin deconstruir el sentido de los conceptos (Bulte *et al.*, 2006; Pilot y Bulte, 2006b).

En este sentido, este último modelo puede basarse en el aprendizaje situado para asumir el contexto como marco para el desarrollo situado y la aplicación de conocimientos y competencias de acuerdo con Parchmann *et al.* (2006). Así, los procesos de aprendizaje en clase deben mejorar y apoyar el desarrollo social de las competencias, en especial la transferencia de los resultados de aprendizaje de un campo a otro, moviéndose entre significados, aplicaciones, entornos y diferentes procesos sin perder el sentido y la esencia del concepto, pero sí identificando y correlacionando las distintas perspectivas que puede tener un concepto desde su definición hasta su utilización en el mundo real (Hofstein y Kesner, 2006).

Algunas perspectivas didácticas

Algunos autores han desarrollado modelos para la enseñanza de la ciencia basada en contexto, uno de los más viables de llevar a la práctica es el propuesto por Beasley y Butler (2002), este modelo de enseñanza se basa en seis pasos: primero se debe introducir los temas en un contexto apropiado para los estudiantes; seguido a esto se busca provocar a los estudiantes para que se involucren en la investigación, a partir de la guía del profesor que los encausa con aspectos claves de la investigación, de tal manera que puedan surgir interrogantes por parte de los estudiantes; como tercer paso se debe crear un mapa conceptual que permita organizar la información a la luz de las preguntas planteadas, el contexto de la situación de estudio, la historia de la temática o las experiencias de aprendizaje propias que surjan del trabajo, etc.; en el cuarto paso, se debe enmarcar el problema o las hipótesis dentro del contexto, de modo que como sexto paso se pueda desarrollar la investigación y análisis de la

problemática; el quinto paso, que es transversal al cuarto y sexto, busca establecer con la ayuda del profesor los marcos teóricos o los conceptos requeridos para la investigación a partir de las necesidades que surjan de la misma; como parte final se propone la elaboración de un escrito y la discusión de cierre. Este modelo puede tener cambios dependiendo de la valoración que el profesor haga de las situaciones propias de la clase y el aprovechamiento de las tareas planteadas según como se desarrollen por parte de los estudiantes.

Como un trabajo aplicado en el aula, considerando este modelo, se puede enunciar la investigación de King, Winner, y Ginns (2011), quienes realizan un planteamiento en el escenario de la educación en la escuela media, evidenciando que existe una crisis en la educación científica de los estudiantes debido al distanciamiento o desacople, con lo que ellos denominan *ciencia canónica*. Para esto realizan una investigación que busca mejorar el interés del estudiante y la motivación sin disminuir la comprensión conceptual, en una temática particular sobre medio ambiente desde el enfoque de la enseñanza basada en el contexto.

Dentro de esta reinterpretación del contexto hacia la enseñanza, entendida como su vinculación al enfoque didáctico para la enseñanza de las ciencias, se encuentran algunos trabajos que buscan trasladar los elementos contruidos de corte epistemológico en la concepción del contexto de Reichenbach, presentados en la introducción, hacia el escenario de la enseñanza. En esta línea, algunas investigaciones discuten cómo involucrar la epistemología de Reichenbach para trabajos prácticos contextualizados y se plantea la adaptación de la noción epistemológica de cada contexto a la situación en el aula, ahora desde una perspectiva didáctica (Cornejo, Speltini e Iglesias, 2004).

En otro trabajo, estos mismos investigadores Speltini, Cornejo e Iglesias (2006), plantean cómo la noción epistemológica de los contextos de Reichenbach puede ser llevada a la práctica del aula. De acuerdo a este trabajo la movilización de los contextos a la interpretación didáctica puede verse como:

- *Contexto de descubrimiento*, es requerido considerando que para los estudiantes se hace necesario conocer los orígenes y los procesos que se dieron alrededor del conocimiento desde una contextualización histórica, de tal manera que estos elementos históricos les facilite la reconstrucción de diversas relaciones e interacciones sociales y científicas, que tuvieron que darse en su momento y que aportaron de forma significativa a la construcción de los conocimientos, para proveer de sentido y significado a los sistemas conceptuales que asimila el estudiante.
- *Contexto de justificación*, se redefine como la toma de conciencia por parte de los estudiantes con respecto a los mecanismos de validación y justificación del conocimiento a partir de una adecuada presentación de las construcciones teóricas desde las cuales se explicitan los conceptos y saberes.
- *Contexto de aplicación*, también presenta un cambio en la forma en cómo se concibe en esta visión didáctica, ahora busca promover la transformación y aplicación instrumental del conocimiento científico. De esta manera los conocimientos impartidos a los estudiantes deberán tener una adecuada orientación a su formación profesional; así por ejemplo, un estudiante de ingeniería presenta una marcada inclinación hacia el conocimiento tecnológico, mientras que un estudiante de las ciencias de la salud podrá estar más abocado al desarrollo científico y sus implicaciones en la vida humana. De esta manera debe tenerse en cuenta cuál será el contexto de aplicación como característica para la integración entre los estilos de conocimiento, el científico y el de aplicación.
- *subcontexto didáctico*, se concibe este subcontexto como propuesta que integra las diferentes formas de trabajo en el aula como un eje articulador de los objetivos de clase tales como: la presentación del problema, la formulación de hipótesis, el desarrollo de prácticas de laboratorio, la contrastación y análisis de resultados, entre otros.

Posada (1996) plantea la discusión sobre la relación existente entre las respuestas de los estudiantes y el contexto en el que se desenvuelven, dependiendo si este es el formal de la clase (academicista) o el informal de la vida real (no academicista). Describe cómo el pensamiento de los alumnos depende del contexto en que se active y cómo este puede ser caracterizado de acuerdo a los métodos de análisis utilizados por los individuos cuando dan respuesta a tareas planteadas. Estas respuestas pueden estar representadas a través de las dos orientaciones, academicista y no academicista, dependiendo si están en contextos académicos o experienciales respectivamente. Se encontró que los individuos frecuentemente utilizan en contextos experienciales métodos de análisis superficiales y en contextos académicos tradicionales, los alumnos tienden a utilizar métodos de análisis academicistas. Aquí se hace una distinción entre las formas de razonar de los estudiantes de acuerdo al contexto en el que se trabaje, como si se tratara de respuestas formales o informales en relación con la rigurosidad de los conocimientos requeridos, utilizando a conveniencia representaciones de la memoria semántica experimental o semántica academicista, según el requerimiento de cómo se presente la situación o problema a analizar.

En este mismo ámbito didáctico resulta pertinente identificar el contexto histórico desde el papel que puede jugar la historia de la ciencia en su enseñanza. Numerosos trabajos discuten cómo en la enseñanza de las ciencias tradicional generalmente no se tiene en cuenta el contexto histórico del que forman parte y en el que se construyeron las teorías científicas. Investigaciones como las desarrolladas por Gagliardi y Giordan (1986); Gil (1993); Izquierdo (1994); Izquierdo, Auduriz y Quintanilla (2007); Matthews (1990); Solbes y Traver (2001); entre otros, muestran cómo esta deficiencia del contexto histórico en la enseñanza de las ciencias provoca que los estudiantes tengan una visión de la ciencia caracterizada por considerarla como un descubrimiento y no como una construcción de conocimientos, desligando e ignorando el rol que

jugaron los problemas y circunstancias que intervinieron en el desarrollo de algunas teorías importantes, es decir, se desconoce el papel del contexto de la historia social en la construcción de ciencia. De igual manera, se encuentra que esta problemática deviene no solamente desde las prácticas pedagógicas en el aula, sino que el problema se instaura desde las mismas herramientas de formación que tienen los profesores, si se tiene en cuenta que los aspectos históricos están ausentes de la mayoría de los libros de texto y los pocos que los incluyen lo hacen de forma superficial (Zapata, 2015).

Para esta inclusión del contexto histórico como contribución a la contextualización de la enseñanza de las ciencias, se hace necesario involucrar elementos inherentes a la historia relacionados con el entorno de ciencia, tecnología, sociedad y ambiente (CTSA), esto considerando que la apropiación de conocimientos desde una mirada holística de las relaciones CTSA, podría mejorar las actitudes y creencias de los estudiantes hacia la ciencia, transformar la imagen pública de la ciencia y complementar los currículos relacionados con las ciencias a la luz de sus aportes e implicaciones (Fourez, 1997; Membiela, 2001). En este horizonte, Solbes y Traver (1996) presentan una propuesta sobre el papel de la historia de la ciencia (HC) y las relaciones CTSA en la enseñanza de las ciencias. En este trabajo se identifican las relaciones entre HC y CTSA como dos campos de investigación que se cruzan a través de la historia social de la ciencia, interpretando esta última como las relaciones CTSA a lo largo de la historia. Se hace énfasis que estos dos contextos, el de HC y el CTSA, deben procurarse entrelazar en el ámbito de la didáctica de las ciencias, con el propósito de mejorar el aprendizaje de las ciencias por parte de los estudiantes para evitar las recurrentes imágenes desdibujadas y deformadas de la ciencia.

Considerando, como se discutirá más adelante, que una queja constante en el profesorado de ciencias es la escasez de material de apoyo en la literatura que aporte al planteamiento de situaciones y actividades prácticas en contexto para la clase, resulta importante entonces mencionar el material desarrollado por el

Center for Occupational Research and Development, Inc. (CORD), que ha generado herramientas para la enseñanza y el aprendizaje en contexto. Dentro de sus propuestas se encuentran: dos ediciones del libro para la enseñanza de la *Física en Contexto* (Crawford *et al.*, 2001); manuales para prácticas de laboratorio basados en mecánica, fluidos electricidad y termodinámica denominados *Principios de Tecnología* (CORD, 1990); ocho ejemplares de los módulos *ABC Tecnologías*, como un curso completo para las clases de biología y química aplicada, que buscan ubicar las clases de ciencias en el *mundo real*, a partir del desarrollo de habilidades de pensamiento crítico (Ulmer y Ulmer, 2009); las *Aplicaciones en Biología / Química ABC*, que es un curso de laboratorio interdisciplinario para enseñar conceptos de la ciencia a través de situaciones relacionadas con el trabajo, el hogar, la sociedad y el medio ambiente, a través de publicaciones en CD y libros de preparación técnica (CORD, 1999; Crawford, 2001).

Hacia la construcción del contexto cultural

Sobre la definición del contexto, la cultura y contexto cultural se encuentra en la literatura que no hay un consenso claro sobre los elementos determinantes en su concepción, Molina (2010) y Molina, Niño y Sánchez (2014) muestran que existe una gran dispersión y vaguedad al respecto, caracterizando las definiciones más sobresalientes desde diversas aproximaciones para tratar de proyectar una idea del contexto cultural. En su trabajo discuten un acercamiento al contexto cultural partiendo de la cultura y el contexto desde de las posturas de los autores más reconocidos en el ámbito. A continuación, se presenta una interpretación a partir de los aportes más relevantes del completo trabajo desarrollado por estos autores y de las revisiones de los textos a los que se invita en la lectura de los mismos, en sus diversas aproximaciones hacia la construcción del *contexto cultural*, se hace un recorrido por las interpretaciones más reconocidas y citadas en el medio desde la cultura y el contexto, para llegar a posturas sobre lo que puede ser el *contexto cultural*.

Cultura

- Geertz (1992) presenta una visión semiótica de cultura en la que esta expresa un esquema históricamente transmitido de significados representados por símbolos. Se concibe la cultura como un contexto para comprender la acción humana y cómo ella es legitimada y estructurada a través de una red de significados, como una telaraña.
- Cole (1999) plantea que la cultura debe ser vista desde dos enfoques, uno como mecanismo de control y otro como la coherencia de la cultura.
- Mecanismo de control: porque la cultura condiciona el pensamiento humano, este se genera a partir de las representaciones del diario vivir.
- Coherencia de la cultura: porque se estructura a través de una red de significados, como una telaraña.
- Lloyd (1995) propone la cultura como realidad mental que se configura a partir de la vida e interacción social. Cuando un sujeto cambia las condiciones sociológicas o políticas, él sigue imaginando e interpretando el mundo natural y social a partir de las configuraciones constituidas en su cultura.

Contexto

- Cole (1999) interpreta el contexto como idea de contención del ambiente que rodea un acontecimiento (metáfora de la muñeca rusa, una cosa contiene la otra). Es decir, se ve el contexto como entrelazamiento, conectar todo con la coherencia de sus partes.
- Middleton y Eduard (1992) proponen que el contexto es un elemento dinámico delimitado por las relaciones de concomitancia inherentes a él.
- Young (en línea) interpreta el contexto como un lugar de contacto en donde se comparte la cultura, el cual involucra el uso de símbolos, signos y demás elementos que la caracterizan.
- Edwards y Mercer (1988) plantean desde la visión del lenguaje que el contexto relaciona lo

que es necesario conocer para dar sentido a una conversación.

- Wittgenstein (1996) y Austin (1982) también con una visión desde el lenguaje, plantean que el contexto permite dar el significado de las palabras de acuerdo a un uso específico que expresa un sentido, intención y finalidad.

Contexto cultural

- Velho (1981) define el contexto cultural como el escenario donde se negocian los significados compuestos por grupos de sujetos que conforman lo social en algún ámbito determinado bajo unos intereses materiales y no materiales, de tal manera que el significado está siempre en consideración.
- Edward (1998) propone que los contextos culturales permiten que los conocimientos y las actividades de un grupo social tengan cabida a través del tiempo y se garantiza que los conocimientos relevantes sean escuchados.
- Edward y Mercer (1988) argumentan que la continuidad de los contextos culturales se plantea a partir de las concepciones, determinados por procesos de sedimentación y trasmisión, necesarias para lograr conocimientos compartidos acerca de algo en periodos de tiempo y épocas en las sociedades y culturas.

De acuerdo a este recorrido, como elemento de cierre se puede interpretar que el contexto cultural, se determina a partir de las distintas interacciones y conexiones existentes entre lo contextual y lo cultural. De tal forma que el lugar de contacto en donde se comparte la cultura está delimitado por el contexto, en esta mirada el contexto cultural está compuesto por un grupo de sujetos que conforman una entidad dentro de lo social, en el que se negocian los significados y se institucionalizan los saberes las tradiciones y los comportamientos, configurándose como un escenario que trasciende en el tiempo y se legitima a través de procesos de trasmisión y continuidad en un entorno característico.

Contexto en la enseñanza de la física

Para esta revisión del contexto en la enseñanza de la física se definieron tres subcategorías como unidades de análisis: el contexto y su relación con los estudiantes, la contextualización en la enseñanza de la física y la enseñanza de la física en el contexto cultural. Los trabajos analizados se discuten a continuación.

Contexto y su relación con los estudiantes

En relación con el contexto y la enseñanza de la física particularmente, una de las investigadoras que plantea posiciones claras sobre el papel del contexto y las concepciones de los estudiantes es Driver (1988), quien propone que las ideas de los estudiantes están asociadas a esquemas activos a través de un razonamiento ligado a un *contexto específico*. Para el caso particular de los niños, discute como un rasgo característico que sus ideas están limitadas a la generalización y tienden a estar relacionadas con dichos contextos específicos. Las interpretaciones de los niños pueden ser algo totalmente diferente a las interpretaciones que se dan a través de la ciencia. Si se han de desarrollar esquemas es importante el contexto en el cual se desarrollan los esquemas de clase para mantener la atención y facilitar más tarde la aplicabilidad de las concepciones.

Se encuentran trabajos como el de Leander y Brown (1999) que enfocan sus ideas sobre el contexto desde las dinámicas de interacción de los estudiantes, creando un marco para identificar y analizar las interacciones de los estudiantes en la clase de física. Sus análisis demuestran las relaciones y diferencias entre los componentes social, institucional, actitudinal, entre otros, en las aulas de clase. Esencialmente el trabajo de estos autores hace énfasis en estudiar lo que emerge de los comportamientos de los estudiantes y la estabilidad de sus relaciones, documentando la utilidad de su marco para el estudio de las dinámicas de los estudiantes diferenciando así la noción de contexto.

Otras relaciones entre contexto y estudiantes se discuten en Bao y Redish (2001), sobre la asociación del contexto y los estados mentales. Estos autores consideran que el conocimiento de un estudiante se organiza en el contexto de producción, que depende de unos patrones de asociación denominados como "esquemas de conocimiento", los cuales están directamente relacionados con el tipo de estudiantes (expertos o novatos).

Como una mirada alterna entre contexto y su relación con el estudiante es interesante el planteamiento que presentan diSessa, Elby y Hammer (2003) sobre el *contexto como una epistemología del estudiante*. A través de un estudio de caso plantean detalladamente la utilidad de la epistemología para un modelo dependiente del contexto, sistematizaron el modelo epistemológico de los estudiantes, a través de observaciones sobre sus comportamientos, concluyendo que es bastante frecuente observar que las creencias (explícitas o implícitas) no son suficientes para explicar las conductas de un individuo. Pero en cambio, esto ofrece una idea para juzgar el contexto, así un juicio del contexto sirve para identificar cómo un individuo podría hacer un movimiento epistemológico en un contexto (por ejemplo, dividir un concepto), y cómo este individuo podría moverse en otro contexto (por ejemplo, desenvolverse en un núcleo de significados a través de diferentes ejemplos de un concepto). Ellos encuentran que el contexto es un punto crítico para el desarrollo epistemológico de los estudiantes, sugieren que se deben hacer investigaciones que indaguen sobre una detallada comprensión del contexto para identificar los roles que afectan los comportamientos y creencias de los individuos.

Anterior a este trabajo, diSessa (1998) proponía en relación al contexto que los conocimientos de los estudiantes están fragmentados *en pedazos*, estos conocimientos en pedazos se caracterizan por poseer diferentes puntos de vista de acuerdo a la forma en cómo sean enseñados, de tal manera que para los estudiantes esto genera dificultad al tratar de relacionarlos adecuadamente con otros contextos diferentes, lo que denomina Redish y Smith

(2008) como el "contexto de la dependencia". En esta línea se encuentra que los estudiantes podrían poseer concepciones diferentes de aprendizaje de acuerdo a las diferencias de los enfoques profesionales de los contextos educativos, debido a sus campos de conocimiento específicos. Así, por ejemplo, Eklund-Myrskog (1998) muestra que los estudiantes de enfermería conceptualizan el aprendizaje como "comprensión", mientras que los estudiantes de mecánica automotriz conceptualizan el aprendizaje como "aplicar". A este respecto se encuentran diversas investigaciones que discuten cómo las variaciones en las concepciones de aprendizaje de los estudiantes son dependientes del contexto (Marshall, Summer y Woolnough, 1999; Speltini, Cornejo y Iglesias, 2006; Lin y Tsai, 2009). Identifican que los procesos de aprendizaje no son acciones asiladas e independientes, sino que deben ser entendidos como una actividad social influenciada por los contextos locales como la formulación de tareas, las situaciones planteadas y la idiosincrasia, entendida esta última como el contexto más amplio que crea las condiciones para la situación particular planteada en la clase (Finkelstein, 2001).

Contextualización de la enseñanza de la física

Algunos estudios discuten el contexto desde enfoques o perspectivas más explícitas al desarrollo de las clases, se trata de las relaciones y expectativas existentes en el contexto de la clase para el profesor y para los estudiantes, asociadas con diversos elementos y variables como: los contenidos de la física, el profesor, los posibles asistentes de enseñanza, el salón de clases, el laboratorio y el tipo de estudiantes. Se plantea además que la problemática del aula debe procurar fascinar a los estudiantes para que se interesen por la física y no sea una disciplina orientada a esas pocas personas a quien se les facilita, sino que por el contrario un adecuado uso del contexto permita identificar, no solo lo que se les enseña a los estudiantes sino también el para qué (McDermott, 1993; Redish, 1994; McDermott y Redish, 1999; Finkelstein, 2005).

De acuerdo a esto, el contexto puede verse como el elemento mediador en la enseñanza de la física, los estudiantes aprenden una asignatura mediante la vinculación a un contexto del mundo real que les permita hacer conexiones entre los conceptos y teorías aprendidas con su aplicación a la sociedad o a sus vidas como estudiantes o profesionales (Yam, 2005). Esta posición puede asociarse también con la cognición situada, en términos de Greeno (1998) que plantea como el conocimiento está permeado por las actividades, la cultura y el contexto en el cual este se aprende y se utiliza.

En este sentido, se encuentran trabajos que muestran la inclusión del contexto desde la contextualización de la enseñanza de la física, como una propuesta curricular que permita establecer la relación con la sociedad, la vida diaria, el desarrollo personal del alumno, la vida del trabajo y la física como una disciplina científica (Rioseco y Romero, 1997). Así, se puede pensar que contextos con entornos físicos reales, como salidas de campo, visitas a fábricas, laboratorios, museos de ciencias, parques temáticos, etc., podrían proporcionar situaciones que privilegien las percepciones de los estudiantes, dando una mayor relevancia a los aprendizajes a partir de la motivación contextual.

Como algunos ejemplos concretos que involucran la contextualización en la enseñanza de la física, se encuentran trabajos como el de Tytler (1998), que muestra un estudio sobre las ideas de presión del aire en condiciones atmosféricas, con niños de primaria, orientado desde el cambio conceptual a partir del uso del contexto físico; Rioseco y Romero (1997), presentan los resultados de un proyecto de investigación, que buscaba la contextualización de la enseñanza de la física con el uso de programas de televisión y los medios de comunicación escritos, esta propuesta consistió en la elaboración de algunas unidades instruccionales para desarrollar los contenidos de los programas de física chilenos para la educación media, se discute en este trabajo el caso particular de la unidad de energía, relacionando la generación de la energía y la problemática de la contaminación, a través de la noción introductoria

de energía, las formas de energía, transferencia y almacenamiento, los procesos de transferencia de energía y la conservación de la energía. En esta línea Kaschalk (2002) presenta un estudio que examina el impacto de una propuesta de enseñanza basada en contexto con estudiantes de secundaria, utilizando la visita a una planta de producción para contextualizar una situación y resolver un problema real sobre potencia y voltaje. Kaschalk encontró que la experiencia develó en los estudiantes una elevada motivación para su realización, diferente a la que normalmente obtenía cuando trataba de enseñar la temática de circuitos de manera tradicional.

A nivel universitario es importante mencionar el trabajo de Finklestein (2005), que presenta el uso del contexto para en el análisis del aprendizaje relacionado con la idiosincrasia del estudiante, se abordan diferentes actividades de electricidad y el magnetismo con capacitancia, circuitos, etc, en cursos iniciales de física universitaria. Rayner (2005) describe la experiencia para contextualizar un curso de física de primer año para los estudiantes de fisioterapia, introduciendo un tratamiento de fisioterapia como punto de partida para la clase con el propósito que partir de este se pueda analizar los conceptos físicos subyacentes, se encuentra en este trabajo que los estudiantes realizan una mejor comprensión de la relación entre la física y su profesión, al lograr desarrollar el análisis de problemas reales relacionados con las modalidades de tratamiento desde un nivel más profundo que en los enfoques tradicionales de enseñanza, al aprovechar el reconocimiento y la motivación generada con el uso del ámbito de aplicación de su carrera. En otro trabajo, Speltini, Cornejo e Iglesias (2006), presentan lo que ellos llaman una innovación didáctica, a partir de los trabajos prácticos contextualizados (TPC), para el desarrollo de las prácticas experimentales de un curso de física para ingeniería, en las temáticas del estudio del péndulo ideal, movimientos en un plano inclinado, dinámica del resorte simple y acoplado, péndulo balístico, superficies sin rozamiento y propagación del sonido, todas estas prácticas orientadas desde la implementación y estudio de los contextos

de descubrimiento, justificación y aplicación para cada uno de los temas.

Dentro de los referentes teóricos que Rioseco y Romero (1997) discuten se plantean que, de acuerdo a los estudios, se ha comprobado que el contexto y las circunstancias sociales son variables importantes que interactúan con las características individuales para promover el aprendizaje y el razonamiento. Se propone que la adecuada elección e introducción de un contexto sería la responsable del interés que genere la actividad en los estudiantes. Se plantea además que los profesores prácticamente no consideran ningún contexto al realizar sus clases. Los profesores se preocupan simplemente por considerar diversos métodos para enseñar física y casi nunca hacen que los alumnos se enfrenten a los fenómenos de forma directa a través de la observación o la experimentación, tampoco explican las aplicaciones de la física sobre los avances tecnológicos o los posibles riesgos que puede tener con la sociedad o el impacto ambiental que pueden provocar, es decir, se omiten las interacciones entre la física y las relaciones CTSA.

Camacho y Gallegos (1999) desarrollan un trabajo donde discuten la influencia del contexto en la construcción de conceptos físicos en estudiantes, utilizando algunas experiencias para la enseñanza de conceptos básicos de mecánica de fluidos. Presentan una definición de *contexto físico*, en el cual se hace una distinción entre *contexto físico* y *contexto de generalización*. El *contexto físico* se debe entender como aquel entramado teórico, conceptual, experimental y de modelos necesario para realizar la construcción de conocimientos e interpretación del mundo desde en la física. El *contexto de generalización* representa el escenario donde posteriormente se pueden extender los conocimientos adquiridos de la física para interpretar o aplicar los conocimientos de la física en el mundo real y generalizarlos. Se plantea que el contexto en la formación y comprensión de conceptos físicos, al igual que en el desarrollo histórico, es un factor importante, porque permite orientar las representaciones que se tienen de los problemas fenomenológicos requeridos para la

construcción y precisión de los conceptos. De esta manera, cuando los conceptos físicos trascienden la dependencia del *contexto físico*, se puede decir que son aplicables a generalidad de situaciones.

Como otro enfoque dentro de la enseñanza de la física basada en contexto se encuentra la evaluación orientada en el contexto, en la que prevalece la utilización de problemas contextualizados a situaciones reales, en algunos casos a problemas particulares de la profesión (aunque en la bibliografía consultada hasta este punto de la investigación aún no se encuentran investigaciones que indaguen particularmente en la utilización de problemas contextualizados en la profesión específica de los estudiantes). En esta modalidad para la inclusión del contexto en la física, a través de la evaluación, se busca presentar a los estudiantes problemas en contexto que requieran de estrategias de solución diferentes a la mecanización de procedimientos o al inventario de variables y remplazo en formulas (Niss, 2012). El desarrollo de estas estrategias pretende promover en los estudiantes una adecuada y rigurosa conceptualización, que les permita desarrollar habilidades mentales para analizar situaciones, relacionar variables, generar hipótesis, estudiar comportamientos, examinar alternativas, considerar situaciones, y discutir y proponer alternativas de solución.

Algunos estudios adelantados para analizar la solución de problemas basados en contexto, donde no necesariamente se incluyó una enseñanza basada en contexto, muestran que los estudiantes preferían los problemas basados en contexto porque los encontraban más interesantes, (Rennie y Parker, 1996; Park y Lee, 2004). En los análisis sobre las discusiones de los estudiantes y las soluciones escritas de los problemas, se encuentra que el trabajo y discurso de los estudiantes al resolver problemas tradicionales se centra en averiguar que formula debe aplicar, mientras que cuando el problema está basado en contexto, el trabajo y discurso gira en torno a que leyes o principios físicos debería aplicar (Heller y Hollabaugh, 1992; Enghag, 2004), evidenciado una mayor profundidad en la conceptualización si se

tiene en cuenta que la discusión de los estudiantes se centra en la física que subyace en el problema.

Un trabajo relevante realizado por Taasobshirazi y Carr (2008) recoge un análisis profundo a investigaciones desarrolladas en el campo de la enseñanza de la física. En este trabajo se realiza una crítica de la enseñanza de la física basada en el contexto, a partir del análisis de diferentes trabajos desde dos enfoques: la evaluación en física basada en *contexto* y la instrucción de física basada en *contexto*. Los resultados de estas investigaciones se condensan en tres aspectos: 1) La dificultad para designar un currículo de física basado en *contexto* dada la falta de actividades preparadas. Para este aspecto se evidencia que generalmente es difícil para los profesores encontrar recursos que puedan proporcionar el material que contextualiza la física, los problemas de aplicación o las ayudas para diseñarlos por su cuenta; prueba de esto es los pocos libros de texto que se encuentran para apoyar la enseñanza de la física basada en contexto. 2) La falta de investigaciones que muestren resultados acerca de si la enseñanza de la física basada en *contexto* es más eficaz que la enseñanza tradicional para mejorar el rendimiento de los estudiantes. 3) La limitación proveniente de los notables problemas metodológicos debido a las pocas investigaciones desarrolladas en este campo, esto considerando que son insuficientes las investigaciones que proporcionen recomendaciones para los profesores con estrategias o diseños concretos para la generación de cambio didáctico, a partir de una adecuada contextualización en la enseñanza de la física desde las construcciones históricas, sociales o de contextos profesionales específicos (Zapata y Mosquera, 2012).

Sin embargo, y pese a lo que se ha expuesto hasta el momento, surgen también algunas preocupaciones adicionales sobre el uso del contexto en la enseñanza de la física, si se tiene en cuenta, como plantea Rayner (2005), que la enseñanza dentro de un contexto específico podría impedir que los estudiantes tengan la posibilidad de generalizar su conocimiento fuera del contexto en que se aprendió inicialmente, ocasionando un aprendizaje

demasiado centrado en el contexto particular de un saber y con una baja comprensión que permita asociarlo con otros contextos o la ciencia misma. Es decir, si el contexto es demasiado emocional, pertinente o interesante, podría dar lugar a que el aprendizaje de los estudiantes tienda a tornarse demasiado centrado en el contexto, lo que podría generar que el contenido de la física subyacente quede en un segundo plano o inclusive sea obviado (Shiu-sing, 2005).

Enseñanza de la física en contexto cultural

En la última década se desarrolló The International Conference on Physics Education in Cultural Contexts, que tuvo como objetivo explorar maneras convergentes y divergentes sobre el aprendizaje de la física más allá de los límites de la escuela, para mejorar la enseñanza de la física a través del uso de los contextos culturales tradicionales y modernos junto con el intercambio de experiencias e investigaciones en enseñanza de la física entre las diferentes culturas. De los trabajos presentados, se seleccionaron un total de 45 que hacen parte de la recopilación hecha por Park (2004); el texto se divide en tres partes: contexto y la historia, cambios conceptuales y los medios de comunicación. La primera parte presenta tres trabajos destacados sobre física en el contexto cultural y la relación de física, tecnología y sociedad que se plantean alrededor de la discusión sobre la educación en física y el contexto cultural.

En estos tres trabajos se propone la inclusión del contexto cultural en la física como un contenido necesario para ser enseñado, donde se plantea que la física que se enseña debe tener un punto de vista humanístico, así un curso de física debe contener un componente cultural necesario para el mundo actual. Se argumenta que tradicionalmente los conceptos de la física y los esquemas conceptuales han sido considerados como los principales contenidos del plan de estudios de la física, pero recientemente las habilidades en los procesos, la naturaleza de la ciencia, la historia de la ciencia y la construcción

social de la ciencia, han sido también objeto de estudio para la inclusión en los contenidos. De acuerdo a esto, se debe buscar la manera de incluir el contexto cultural en el currículo escolar de física (Gunstone, 2004; Pak, 2004; Solomon, 2004). A este respecto Glynn y Koballa (2005) y Redish (2012) proponen que el uso de los conceptos y las habilidades para los procesos de enseñanza en contextos del mundo real que sean relevantes para los estudiantes de diversos orígenes, promoverá aprendizajes significativos con una construcción conceptual más sólida.

En otra perspectiva de la problemática, emerge un concepto denominado *cultura profesional* asociado a los contextos de formación y ejercicio de los profesores, Milicic (2004), relaciona la cultura profesional como un componente incidente en la adaptación de los profesores a la enseñanza de la física. Problemática recurrente cuando se analizan los diversos contextos académicos en los que se enseña física, encontrando algunas diferencias en las actitudes y posiciones de los profesores que enseñan en currículos con orientación diferentes, unos en donde la física es un área disciplinar y otros en los que la física es complementaria.

Milicic, en su tesis doctoral realiza un estudio para relacionar la cultura profesional como un componente que incide en la adaptación de los profesores a la enseñanza de física, en esta discute esta problemática a partir de dos grupos, como ella los denomina la física para ciencias e ingeniería y la física para no físicos, en este trabajo se plantea la existencia de dos contextos académicos denominados también como cultura académica, en ellos se reconocen la cultura de origen: definida como el grupo donde el profesor se formó como físico, el cual condiciona sus concepciones epistemológicas, profesionales, didácticas y además orienta sus criterios de actuación. De otro lado, está la cultura de destino: entendida como el contexto de interacción cuando el profesor cambia de entorno y realiza su labor docente en una facultad distinta a donde se forma, teniendo que interactuar con un grupo y un entorno cultural diferente en valores, procedimientos y criterios. Se caracterizó el pensamiento del

profesor a partir de sus concepciones profesionales, didácticas y epistemológicas desde la transposición didáctica. A partir de esta caracterización se buscaron las relaciones del profesor con las culturas de origen y destino, su afinidad con ellas, el enfoque de la asignatura hacia la cultura de destino y el rol que tienen los profesores y la cultura de destino de acuerdo a esa orientación. Como resultados importantes se encontró que la distancia epistemológica, entre el saber sabio y el saber enseñando es pequeña en las carreras de ingeniería, es decir que la enseñanza en estos espacios académicos está bastante cerca de la enseñanza que se daba en las clases de física para físicos, lo que evidencia una escasa adaptación de la enseñanza de la ciencia a las necesidades formativas de la cultura de destino para contextos profesionales específicos, en este caso ingeniería (Milicic *et al.*, 2007).

De otro lado la distancia epistemológica en la física para no físicos, como ciencias de la salud o ambientales, por ejemplo, es mayor, encontrándose que el saber enseñando en estas carreras se caracteriza por tener un menor formalismo matemático y rigor conceptual, con una mayor adaptación de los contenidos a la cultura de destino. Teniendo en cuenta, además, que en estos contextos la física cumple un rol meramente instrumental (Milicic *et al.*, 2008).

Reflexiones finales sobre el contexto

El contexto y sus diferentes interpretaciones se manifiestan como un concepto polisémico, desde su concepción epistemológica, el cual ha sido introducido con sus propias interpretaciones en la ciencia y en la enseñanza de las ciencias. En ambos campos, se comparte el mismo fundamento en su definición, pero se tiene una mirada diferente en su enfoque; así en la perspectiva didáctica el contexto se orienta a las formas en cómo se concibe en el aula.

Las relaciones entre contexto y estudiantes muestran en consecuencia diversos enfoques de cómo estas relaciones se han interpretado a través de dinámicas de interacción, esquemas activos en contextos

específicos, contextos de producción y las denominadas epistemologías de los estudiantes, todas estas interpretaciones han consolidado un marco teórico para la configuración del contexto y la manera de asociarlo a los comportamientos de los estudiantes.

Los trabajos analizados muestran que los estudiantes le dan un mayor significado a lo que aprenden cuando lo pueden relacionar con el mundo real, presentando valores motivacionales y de interés más altos. Además, se debe considerar que los estudiantes generalmente no tienen clara la forma de cómo llevar a la práctica una determinada propiedad física o una construcción conceptual en su vida cotidiana, originando recurrentes cuestionamientos por parte de los estudiantes sobre la pertinencia de la física en sus futuros contextos profesionales, relacionados con el para qué aprender un determinado concepto, su posible uso en la profesión y la manera de aplicarlo a la misma.

Las investigaciones en enseñanza de la física develan cómo el contexto ha sido estudiado con las interacciones de los diversos elementos inherentes a la enseñanza, tales como, las relaciones de la física con la historia de las ciencias, las relaciones CTSA y el contexto cultural. De igual manera se hacen evidentes las limitaciones de la enseñanza de la física basada en el contexto, debido principalmente a la falta de diseños curriculares, investigaciones que relacionen contexto en la enseñanza de la física y limitaciones por la falta de propuestas metodológicas sobre la incursión del contexto en la enseñanza.

Aunque se han hecho bastantes investigaciones en el campo del contexto y la enseñanza de las ciencias, las interpretaciones y uso del contexto se manifiesta como un campo emergente de indagación que aún presenta falencias importantes. Esto abre potenciales problemas de investigación en el área, teniendo en consideración que no existe actualmente estudios que muestren resultados que den cuenta si la enseñanza de la física basada en contexto es más eficaz que la enseñanza tradicional para mejorar el rendimiento de los estudiantes; adicionalmente aún no se tienen consensos o mecanismos claros sobre la metodología necesaria para el uso del

contexto en la enseñanza, debido posiblemente a la falta de evaluaciones rigurosas de las investigaciones en contexto y las pocas investigaciones desarrolladas. Además, los estudios desarrollados se han realizado en su gran mayoría con grupos de nivel secundaria y a nivel universitario su desarrollo se ha llevado a cabo con estudiantes novatos, es decir estudiantes que apenas están acercándose a los conocimientos de la física y aún no se tienen pesquisas adelantadas con grupos de estudiantes con conocimientos superiores o de profundización de física.

Agradecimientos

Esta investigación se desarrolló en el marco del Doctorado Interinstitucional en Educación de la Universidad Distrital Francisco José de Caldas DIEUD, como un aporte de la tesis doctoral del autor.

Referencias

- AUSTIN, J. L. **Cómo hacer cosas con palabras: Palabras y acciones**. Paidós. Barcelona: España, 1982.
- BAO, L. & REDISH, E.F. Concentration analysis: A quantitative assessment of student states. **American Journal of Physics**. V. 69, n.º 7, 45-53, 2001.
- BEASLEY, W. & BUTLER, J. Implementation of context-based science within the freedoms offered by Queensland schooling. In: THE ANNUAL MEETING OF AUSTRALASIAN SCIENCE AND EDUCATION RESEARCH ASSOCIATION CONFERENCE. Townsville, Queensland, 2002.
- BENNETT, J. & LUBBEN, F. Context-based Chemistry: The Salters approach. **International Journal of Science Education**. V. 28, n.º 9, pp. 999-1015, 2006.
- BULTE, A.M. et al. A Research Approach to Designing Chemistry Education using Authentic Practices as Contexts. **International Journal of Science Education**. V. 28, n.º 9, pp. 1063-1086, 2006.
- CAMACHO F. F. & GALLEGOS C. L. Construcción de conceptos físicos en estudiantes. La influencia del contexto. **Perfiles Educativos**. N.º 85-86, 1999.

- COLE, M. Poner la cultura en el centro. In: **Psicología Cultural**, (pp. 78-92). Traducido por Tomás del Amo. Morata. España, 1999.
- CORD. **Principles of Technology**. CORD Communications, Inc. South-Western Educational Publishing, Waco, Texas: EE.UU., 1990.
- CORD. **Teaching Science Contextually, The cornerstone of tech prep**. CORD Communications, Inc. Waco, Texas: EE.UU., 1999.
- CORNEJO, J., SPELTINI, C. & IGLESIAS, A. I. Una aplicación de los contextos de Reichenbach en los trabajos prácticos de laboratorio. En: CONGRESO DE EDUCADORES DEL MERCOSUR, 1. Proceedings. Publicado en CD, 2004.
- CRAWFORD, M. **Teaching Contextually, Research, rationale, and techniques for improving student motivation and achievement in Mathematics and Science**. CORD Communications, CCI Publishing, Inc. Waco, Texas: EE.UU., 2001.
- CRAWFORD, M. et al. **Physics in context, An integrated approach**. CORD Communications, CCI Publishing, Inc. Waco, Texas: EE.UU., 2001.
- DEWEY, J. **Experience and Education**. Collier Books. New York, 1938.
- diSessa, A. A. 1988. Knowledge in pieces. In: **Constructivism in the computer age**, (pp. 49-70). G. Forman and P. B. Pufall. Lawrence Erlbaum Associates. Mahwah, NJ.
- Disessa, A.A., ELBY, A. & HAMMER, D. **J's epistemological stance and strategies. Intentional Conceptual Change**. G. Sinatra and P. Pintrich (eds.). Lawrence Erlbaum Associates. Mahwah, NJ, 2003.
- DRIVER, R. Un enfoque constructivista para el desarrollo del currículo en ciencias. **Enseñanza de las Ciencias**. V. 6 n.º 2, pp. 109-120, 1998.
- EDWARD, D. Em direção a uma psicologia do discurso da educação em sala de aula. Em Ensino C Coll, D Edward (organizadores) **Aprendizagem e Discurso em sala de aula**. (pp. 47-74). Trad.B Affonso Neves. Artes Medicas. Porto Alegre: Brasil, 1998.
- EDWARD, D. & MERCER, N. **Conocimiento compartido**. Trad. Ramón Alonso. Ediciones Paidós. Barcelona: España 1998.
- EKLUND-MYRSKOG, G. 1998. Students' conceptions of learning in different educational contexts. **Higher Education**. V. 35, n.º 3, pp. 299-316, 1998.
- ENGHAG, M. Miniprojects and context rich problems: Case studies with analysis of motivation, learner ownership and competence in small group work in physics. Thesis, Linkoping University. Sweden, 2004.
- FINKELSTEIN, N. (2001). Context in the context of physics and learning, **Physics Education Research Conference Proceedings**. Rochester, NY: PERC Publishing.
- FINKELSTEIN, N. (2005). Learning physics in context: a study of student learning about electricity and magnetism. **International Journal of Science Education**. Volume 27, Issue 10, pp. 1187-1209.
- FOUREZ, G. **Alfabetización científica y tecnológica. Acerca de las finalidades de la enseñanza de las ciencias**. Colihue. Buenos Aires: Argentina, 1997.
- GAGLIARDI, R. & GIORDAN, A. La historia de las ciencias: una herramienta para la enseñanza. **Enseñanza de las Ciencias**. V. 4, n.º 3, pp. 253-259, 1986.
- GEERTZ, C. **Descripción densa: hacia una teoría interpretativa de la cultura. En La Interpretación de las culturas**. Editorial Gedisa. Barcelona: España 1992.
- GILBERT, J. K. On the Nature of "Context" in Chemical Education. **International Journal of Science Education**. V. 28, n.º 9, pp. 957-976, 2006.
- GIL, D. Contribución de la historia y de la filosofía de las ciencias al desarrollo de un modelo de enseñanza-aprendizaje como investigación. **Enseñanza de las Ciencias**. V. 11, n.º 2, pp. 197-212, 1993.
- GLYNN, S. & KOBALLA, T. R. The contextual teaching and learning instructional approach. In R. E. Yager (Ed.), **Exemplary science: Best practices in professional development**, (pp. 75-84): National Science Teachers Association Press. Arlington, VA, 2005.

- GREENO, J. G. The situativity of knowing, learning, and research. **American Psychologist**, pp. 53, 5-22, 1998.
- GRIBBIN, J. **Historia de la Ciencia**. Critica. Barcelona: España, 2005.
- GUNSTONE, R. Physics education past, present, and future: An interpretation through cultural contexts. In Park, Y. (2004). **Teaching and learning of physics in cultural contexts**. Proceedings of, The International Conference on Physics Education in Cultural Contexts, 2004.
- HELLER, P. & HOLLABAUGH, M. Teaching problem solving through cooperative grouping. Part 2: Designing problems and structuring groups. **American Journal of Physics**. V. 60, pp. 637-644, 1992.
- HOFSTEIN, A. & KESNER, M. Industrial Chemistry and School Chemistry: Making chemistry studies more relevant. **International Journal of Science Education**. V. 28, n.º 9, pp. 1017-1039, 2006.
- IZQUIERDO, M. (1994). Como contribuye la historia de las ciencias en las actitudes del alumnado hacia la enseñanza de las ciencias. **Aula de Innovación Educativa**, 27, pp. 37-41.
- IZQUIERDO, M., AUDURIZ-BRAVO y QUINTANILLA M. Discusión en torno a un modelo para introducir la historia de la ciencia en la formación inicial del profesorado de ciencias. In: **Investigar en la enseñanza de la química, nuevos horizontes; contextualizar y modelizar** (pp. 173-196). Editorial UAB. Barcelona: España, 2007.
- KASCHALK, R. Physics—Why bother?... that's why!. **Contextual Teaching Exchange**. V. 1, pp. 1-8, 2002.
- KING, D., RITCHIE, S. M. Learning Science Through Real-World Contexts. In Fraser, B., Tobin, K. G., Campbell, J. M. **Second International Handbook of Science Education** (pp. 69-79). Springer International, 2012.
- KING, D., WINNER, E. & GINNS, I. Outcomes and implications of one teacher's approach to context-based science in the middle years. **Teaching Science**. V. 57, n.º 2, pp. 26-34, 2011.
- KLIMOVSKY, G. **Las desventuras del conocimiento científico**. A-Z Editora. Buenos Aires: Argentina, 2006.
- LEANDER, K. & BROWN, D. You understand, but you don't believe it: Tracing the stabilities and instabilities of interaction in a physics classroom through a multidimensional framework. **Cognition and Instruction**. V. 17, pp. 93-135, 1999.
- LIN. C.C & TSAI. C. C. The Relationships between Students' Conceptions of Learning Engineering and their Preferences for Classroom and Laboratory Learning Environments. **Journal of Engineering Education**. pp. 193-204, 2009.
- LLOYD, C. **As estruturas da historia**. Trad. Maria Goldwasser. Jorge Zahar. Editor. Rio de Janeiro: Brasil, 1995.
- MARSHALL, D., Summer, M. & Woolnough, B. Students' conceptions of learning in an engineering context. **Higher Education**. V. 38, n.º 3, pp. 291-309, 1999.
- MATTHEWS, M.R. History, Philosophy and Science Teaching: A Rapprochement. **Studies in Science Education**. V. 18, pp. 25-51, 1990.
- MCDERMOTT, L.C. & REDISH, E.F. Resource letter: PER-1: Physics education research. **American Journal of Physics**. V. 67, n.º 9, pp. 755-767, 1999.
- MCDERMOTT, R. The acquisition of a child by a learning disability. In S. Chaiklin, and J. Lave (eds.) **Understanding Practice: Perspectives on Activity and Context** (pp. 269-305). Cambridge University Press. New York: EE.UU, 1993.
- MEMBIELA, P. **Enseñanza de las ciencias desde la perspectiva ciencia Tecnología Sociedad**. Narcea. Madrid: España, 2001.
- MIDDLETON, D. & EDWARDS, D. **Memoria compartida. La naturaleza social del recuerdo y del olvido**. Paidós. España, 1992.
- MILICIC, B, Sanjosé, V, UTGES. G. & Salinas, B. La cultura académica como condicionante del pensamiento y La acción de los profesores universitarios de física. **Investigações em ensino de ciências**. V. 12, n.º 2, pp. 263-284, 2007.

- MILICIC, B., SANJOSÉ, V., UTGES, G. & SALINAS, B. Transposición didáctica y dilemas de los profesores en la enseñanza de física para no físicos. **Investigações em ensino de ciências**. V. 13, n.º 1, pp. 7-33, 2008.
- MILICIC, B. La cultura profesional como condicionante de la adaptación de los profesores de Física universitaria a la enseñanza de Física. Tesis doctoral. Universidad de Valencia, 2004.
- MOLINA, A. Contexto cultural: diversas aproximaciones. Documento de trabajo, 2010.
- MOLINA, A., NIÑO, C. & SANCHEZ, A. Enseñanza de las ciencias y cultura: Múltiples aproximaciones. En **Enseñanza de la ciencias y cultura multiplex aproximaciones**. (pp. 19-37). N.º 7 Serie grupos. DIE. Universidad Distrital Francisco José de Caldas. Bogotá: Colombia, 2014.
- NISS, M. Towards a conceptual framework for identifying student difficulties with solving Real-World Problems in Physics. **Lat. Am. J. Phys. Educ.** V. 6, n.º 1, 2012.
- PAK, S. J. Physics education in cultural context-issues, approaches, and perspectives. In: Park, Y. **Teaching and learning of physics in cultural contexts**. (pp. 3-14). Proceedings of the International Conference on Physics Education in Cultural Contexts. 2001. World Scientific Publishing. Cheongwon: South Korea, 2004.
- PARCHMANN, I., GRÄSEL, C., BAER, A., NENTWIG, P., DEMUTH, R. & RALLE, B. "Chemie im Kontext": A symbiotic implementation of a context-based teaching and learning approach. **International Journal of Science Education**. V. 28, n.º 9, pp.1041-1062, 2006.
- PARK, J. & LEE, L. Analyzing cognitive and non-cognitive factors involved in the process of physics problem-solving in an everyday context. **International Journal of Science Education**. V. 29, pp. 1577-1595, 2004.
- PARK, Y. **Teaching and learning of physics in cultural contexts**. Proceedings of the International Conference on Physics Education in Cultural Contexts. 2001. World Scientific Publishing. Cheongwon: South Korea, 2004.
- PILOT, A. & BULTE, A.M. Why Do You "Need To Know"? Context-based education. **International Journal of Science Education**. V. 28, n.º 9, pp. 953-956, 2006a.
- PILOT, A. & BULTE, A.M. The Use of "Contexts" as a Challenge for the Chemistry Curriculum: Its successes and the need for further development and understanding. **International Journal of Science Education**. V. 28, n.º 9, pp. 1087-1112, 2006b.
- POSADA, J. M. Hacia una teoría sobre las ideas científicas de los alumnos: Influencia del contexto. **Enseñanza de las Ciencias**. V. 14, n.º 3, pp. 303-314, 1996.
- RAYNER, A. Reflections on context-based science teaching: A case study of physics for students of physiotherapy. In: Johnston, I and Peat, M. Blended. **Learning in Science Teaching and Learning. Glended Learning in Science Teaching & Learning** (pp. 169-172). The University of Sydney. Sydney: Australia, 2005.
- REDISH, E.F. Implications of cognitive studies for teaching physics. **American Journal of Physics**. V. 62, pp. 796-803, 1994.
- REDISH, E.F. The role of context and culture in teaching physics: The implication of disciplinary differences. THE WORLD CONFERENCE ON PHYSICS EDUCATION 2012, Baheçeşehir University, Istanbul, Turkey, jul. 1-6, 2012.
- REDISH, E. F. & SMITH K. A. Looking beyond content: Skill development for engineers. **Journal of Engineering Education**. V. 97, n.º 3, pp. 295-307, 2008.
- REICHENBACH, H. **Experience and prediction: an análisis for the foundations and the structure of knowledge**. Chicago: University of Chicago, 1938.
- Rennie, L. J. & Parker, L.H. Placing physics problems in real-life context: Students' reactions and performance. **Australian Science Teachers Journal**, 42, pp. 55-59, 1996.
- RIOSECO, M & ROMERO, R. La contextualización de la enseñanza de la Física y el uso de los programas de TV. **Enseñanza de las Ciencias**. Número Extra. V Congreso. pp. 271-272, 1997.

- SCHWARTZ, A. T. (2006). Contextualized Chemistry Education: The American experience. **International Journal of Science Education**, 28:9, 977-998.
- SHIU-SING, T. (2005). Some reflections on the design of contextual learning and teaching materials. http://www.hk-phy.org/contextual/approach/tem/reflect_e.html. 2005. Consultado el: 25-04-2012.
- SOLBES, J. & TRAVER, M. J. La utilización de la historia de las ciencias en la enseñanza De la física y la química. **Enseñanza de las ciencias**. V. 14, n.º 1, 103-1 12, 1996.
- SOLBES, J. & TRAVER, M. Resultados obtenidos introduciendo historia de la ciencia en las clases de física y química: mejora de la imagen de la ciencia y desarrollo de actitudes positivas. **Enseñanza de las Ciencias**. V. 19, n.º1, pp.151-162, 2001.
- SOLOMON, J. Physics, technology and society. In Park, Y. **Teaching and learning of physics in cultural contexts**. (pp. 15-24), Proceedings of the International Conference on Physics Education in Cultural Contexts. 2001. World Scientific Publishing, Cheongwon, South Korea, 2004.
- SPELTINI, C, CORNEJO, J. & IGLESIAS, A. I. La epistemología de Reichenbach aplicada al desarrollo de trabajos prácticos contextualizados (TPC). **Ciência & Educação**, v. 12, n.º 1, pp. 1-12, 2006.
- TAASOBSHIRAZI, G. & CARR, M. A review and critique of context-based physics instruction and assessment. **Educational Research Review**. V. 3, 155-167, 2008.
- TYTLER, R. Children's conception of air pressure: exploring the nature of conceptual change. **International Journal of Science Education**. v. 20, n.º 10, pp. 929-958, 1998.
- ULMER, G. & ULMER, C. **ABC Technologies**. CORD Communications, CCI Publishing, Inc. Waco, Texas: EE.UU., 2009.
- VELHO, G. **Individualismo e Cultura. Notas para uma Antropología da Sociedade Contemporânea**. Jorge Zahar Editor. Rio de Janeiro: Brasil, 1981.
- WITTGENSTEIN, L. **Investigações Filosóficas**. Trad. Portuguesa Marcos G. Montagnoli, Brasil: Vozes, 1996.
- YAM, H. What is contextual learning and teaching in physics? http://www.hk-phy.org/contextual/approach/tem/brief_e.html, 2005. Consultado el: 06-03-2012, en Contextual Physics in Ocean Park.
- YOUNG, M. *Mental Space*. Centre for Psychotherapeutic Studies Disponible en: <http://www.shef.ac.uk/~psysc/mental/chap2.html>. Consultado el: 07-05-2012.
- ZAPATA, J. y MOSQUERA, C. J. Implicaciones para el cambio didáctico en profesores de física: el papel del contexto histórico y profesional. **Revista EDUCyT**; Vol. Extraordinario, pp.169-185, diciembre, 2012.
- ZAPATA, J. Implicaciones didácticas de la inclusión de la historia y filosofía de las ciencias en la enseñanza de las ciencias: Una interpretación histórica del electromagnetismo. En: **Educación en ciencias: experiencias investigativas en el contexto de la didáctica, la historia, la filosofía y la cultura**. (pp. 35-58). UD editorial. Universidad Distrital Francisco José de Caldas. Bogotá: Colombia, 2015.





UM ESTUDO DA RELAÇÃO ENTRE AS IMAGENS MENTAIS UTILIZADAS POR ESTUDANTES DE MECÂNICA QUÂNTICA E SEU PERFIL EPISTEMOLÓGICO: UMA INVESTIGAÇÃO PELA METODOLOGIA REPORT ALOUD

Study on the relationship between mental images and the epistemological profile of quantum mechanics students: an investigation using the report aloud methodology

Robson Trevisan¹ Agostinho Serrano de Andrade Neto¹

Para citar como este artículo: Trevisan R., Andrade Neto, A. S. (2016). Um estudo da relação entre as imagens mentais utilizadas por estudantes de mecânica quântica e seu perfil epistemológico: uma investigação pela metodologia report aloud. *Góndola, Enseñ Aprend Cienc*, 11(2), 212-227. doi: 10.14483/udistrital.jour.gdla.2016.v11n2.a4.

Recibido: 29 de octubre 2015 / Aceptado: 10 de agosto de 2016

Resumo

Este artigo investiga a relação entre o perfil epistemológico do estudante, suas imagens mentais e *drivers* construídos após a utilização de experimentos virtuais. Para tanto, escolheu-se como conteúdo de conhecimento o comportamento dual da matéria e da radiação eletromagnética, tópico fundamental da Mecânica Quântica dentro do currículo de estudantes de licenciatura em física. O referencial teórico adotado para leitura dos dados foi a Teoria da Mediação Cognitiva (TMC), buscando explicar como a mediação por computador modifica a estrutura cognitiva dos estudantes. Também utilizou-se a ideia de Perfil Epistemológico Bachelardiano para relacioná-lo com o raciocínio apresentado pelos alunos. Observou-se mudanças de *drivers* psicofísicos e culturais já existentes na estrutura cognitiva dos estudantes. Apesar desse resultado positivo, verificou-se uma inconsistência conceitual dos alunos para a explicação do comportamento dual de objetos quânticos.

Palavras chaves: Perfil Epistemológico. Ensino de Física. Mecânica Quântica. Teoria da Mediação Cognitiva.

1. Doutorando no Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências e Matemática da Universidade Luterana do Brasil. Correo electrónico: robsontrevi@gmail.com.
2. Doutor em Física – Docente do Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências e Matemática da Universidade Luterana do Brasil. Correo electrónico: asandraden@gmail.com.

Abstract

This paper investigates the relationship between the epistemological profile of the student, their mental images and drivers built after the use of virtual experiments. For this, was chosen as the dual behavior knowledge content of matter and electromagnetic radiation, fundamental topic of Quantum Mechanics in the curriculum of physics undergraduate students. The theoretical framework adopted for reading the data was the Cognitive Mediation Networks Theory, seeking to explain how computer mediation modifies the cognitive structure of students. Also used the idea of Epistemological Profile Bachelardian to relate it to the reasoning presented by the students. Observed changes of psychophysical and cultural drivers already in the cognitive structure of students. Despite this positive result, there was a conceptual inconsistency of students for the dual behavior of the explanation of quantum objects.

Keywords: Epistemological Profile. Physics Teaching. Quantum Mechanics. Cognitive Mediation Networks Theory.

Introdução

A Mecânica Quântica (MQ) marca no início do século XX uma nova etapa para a história da Física, sendo ao lado da Relatividade a base da Física Contemporânea. A teoria quântica é tida como uma teoria sólida e de sucesso, pois suas previsões têm sido comprovadas experimentalmente ao longo deste século com grande precisão. Mesmo diante deste cenário, “[...] é notável, no entanto, que a mecânica quântica tenha dezenas de interpretações diferentes. Ou seja, mesmo havendo concordância sobre o formalismo da teoria, não há consenso sobre o que ela diz em relação à realidade” (Pessoa Jr, O. 2008, p.32).

Diante disso, pode-se destacar o tema da dualidade onda-partícula da matéria e da radiação eletromagnética. Este tema proporcionou o surgimento de inúmeras interpretações para a ocorrência dos fenômenos observados principalmente no aparato experimental da dupla fenda, que, de acordo com Feynman, R.; Leighton, R.; Sands, M. (1963), é um fenômeno absolutamente impossível de se explicar

classicamente, e contém em si o coração da física quântica. Baseados nesses aspectos, trabalhos foram realizados com o objetivo de verificar as principais interpretações apresentadas por estudantes ao se depararem com o fenômeno da dualidade, buscando também, sempre que possível, verificar como estava ocorrendo didaticamente (metodologicamente) o ensino da MQ. Dentre esses trabalhos pode-se destacar o de Montenegro, R.; Pessoa Jr, O. (2002).

No ensino e na aprendizagem da MQ, analisar os fatos empíricos e desenvolver o formalismo matemático não é suficiente. Betz, M. (2014) reforça que ainda é preciso deter-se à questão da interpretação, envolvendo-se, então, com os seguintes questionamentos: o que as grandezas presentes nas equações representam? Como elas se relacionam com os dados que podem ser extraídos dos experimentos? Que visão do mundo físico pode-se construir a partir daí? Essas indagações têm sido debatidas frequentemente entre físicos e filósofos, desde o surgimento da teoria, e vêm despertando um interesse crescente nesta última década, tanto no meio acadêmico dos especialistas quanto no público leigo.

Observando o panorama apresentado, este trabalho buscou utilizar ferramentas hiperculturais (bancadas virtuais) como forma de mediação digital em atividades com alunos do curso de Licenciatura em Física, complementando as abordagens tradicionais de ensino na construção ou modificação de conhecimentos relacionados à dualidade. Tendo, assim, o objetivo de, após tal intervenção hipercultural, verificar as interpretações dos alunos e, a partir delas, traçar um perfil epistemológico privado, de acordo com a noção do conceito expressado individualmente pelos alunos.

Certamente, ensinar MQ não é uma tarefa fácil. Seus princípios fogem da visão clássica de mundo, mas todos esses elementos tornam inadiável a necessidade de se propiciar aos profissionais das carreiras que mais utilizam esses recursos o conhecimento de fundamentos da MQ, não apenas de "regras" ou de algoritmos de resolução (Greca, I. 2000).

Pelo fato deste trabalho estar utilizando softwares em forma de bancadas virtuais como mediadores no ensino de um tópico da MQ, optou-se pela adoção da Teoria da Mediação Cognitiva (TMC) como aporte teórico norteador, em razão da sua abordagem relacionada à mediação hipercultural, em especial mediante o uso de computadores. Também será apresentada a ideia de perfil epistemológico Bachelardiano, tendo em vista que, esta pesquisa busca levantar os perfis privados dos estudantes acerca da dualidade onda-partícula. Além disso, será discutida a visão assumida a respeito dos conceitos de imagens mentais.

A teoria da mediação cognitiva

A teoria da mediação cognitiva (TMC) é uma teoria contextualista, construtivista, que estuda o processamento da informação da inteligência humana e visa proporcionar uma abordagem ampla para a cognição. Devido à expansão atual da era digital, a TMC busca explicar os impactos das tecnologias digitais no pensamento humano. Souza, B. (2004) evidencia que o cérebro humano isolado se apresenta como insuficiente para explicar a maior parte do

desempenho cognitivo, conclui a existência e o envolvimento de outros mecanismos de processamento de informações. Dessa forma, alguns elementos no ambiente têm potencial para o processamento de informação, os quais são observados e lhes é tirada vantagem pelos seres humanos.

[...] aspecto fundamental da Mediação Cognitiva é o conjunto individual de mecanismos internos, o qual torna possível a utilização de estruturas externas, como auxiliares de dispositivos de processamento de informações, mas também trabalham como "máquinas virtuais" internas, que fornecem novas funcionalidades cognitivas, acrescentando benefícios que duram para além do tempo da "conexão" a um mecanismo externo, tendo um papel importante na definição da forma como o pensamento ocorre. (Souza, B. 2004, 2006, Souza, B.; Roazzi, A. 2000 apud Souza, B. et al, 2012, p.3)

A mediação digital é um processamento extracerebral bastante presente atualmente, devido à explosão digital dos últimos anos. No contexto da tecnologia da informação, os computadores destacam-se dos demais objetos passíveis de uso para a mediação externa, em razão de sua extrema plasticidade lógica e programabilidade.

Logo, é possível se afirmar que, na atual Revolução Digital, testemunha-se a emergência de uma Hipercultura, onde os mecanismos externos de mediação passam a incluir os dispositivos computacionais e seus impactos culturais, enquanto que os mecanismos internos incluem as competências necessárias para o uso eficaz de tais mecanismos externos. (Souza, B. 2004, p. 85)

Sendo assim, a TMC apresenta a Mediação e o Processamento Extracerebral de Informações como mecanismos que auxiliam no processamento cognitivo. A partir dessa ideia principal, o autor constrói um conjunto de conceitos, dentro do seu proposto referencial teórico, dos quais, chamam atenção os "mecanismos externos de mediação" e

os “mecanismos internos de mediação”, buscando trazer uma perspectiva diferenciada no que se refere a considerar a chamada cognição externa (ao cérebro). Pode-se, aqui, citar o fato do uso de dispositivos eletrônicos – computadores, tablets e smartphones – se dar por um processo de mediação. Então, é possível inferir que esses dispositivos se tornem mecanismos externos de mediação e que os mecanismos internos são construídos com o passar do tempo e com a necessidade de aquisição de novas competências para o uso desses dispositivos.

Os *drivers*

A TMC considera *drivers* dispositivos que trabalham como “máquinas virtuais” internas, que possuem um papel importante na definição do pensamento humano no contexto da mediação e vão além da “conexão” com o mecanismo externo:

É razoável supor que os mecanismos internos de mediação funcionem através da produção de um shell, ou seja, de uma “máquina virtual” que “espelha” ou “representa” o mecanismo externo. Trata-se de um processo necessário para o estabelecimento de uma interface entre o cérebro e o mecanismo extracerebral, mas também permite, até certo ponto, uma “emulação” ao menos parcial dos mecanismos externos em questão. Isso implica, portanto, numa internalização parcial dos mecanismos externos, o que ajuda a explicar por que as habilidades permanecem aumentadas mesmo quando os mecanismos externos estão ausentes. (Souza, B. 2004, pp. 81-82)

O surgimento da hipercultura é visto pela TMC como consequência de novas formas de interação, envolvendo grupos sociais e as tecnologias no nível do indivíduo. Portanto, simuladores virtuais atuam como mediadores digitais a fim de criar novas representações mentais (teoremas-em-ação) e *drivers* na cognição do indivíduo, com a finalidade de proporcionar uma aprendizagem significativa dos conceitos quânticos abordados. Dada a natureza das representações mentais, sua mera existência dota o

indivíduo com um conjunto de ferramentas lógicas que aumenta sua competência em domínios específicos, mesmo na ausência do sistema externo físico correspondente (Souza, B. *et al*, 2012). A partir dessa mediação, adquire um ganho de processamento de informações que se mantém, mesmo que a conexão com o mecanismo externo seja interrompida. Esses *drivers* são originados dos mecanismos de mediação externa utilizados pelo indivíduo, que podem ser de natureza psicofísica (quando o indivíduo utiliza de objetos do ambiente como mecanismo de processamento extracerebral), social (devido à conexão social com outros indivíduos por meio da linguagem), cultural (devido à utilização de ferramentas culturais como livros, etc) ou hipercultural (utilização das TIC).

Este trabalho busca identificar os *drivers* dos estudantes acerca dos conceitos fundamentais da MQ, para tanto, faz-se uma conexão com as imagens mentais dos alunos, em razão de considerar essas imagens componentes explícitas das estruturas dos *drivers*. Tal comparação é conjecturada pelo fato de que esta investigação assume concepção acerca de imagens mentais apresentada por Otero (2004), na qual estima as imagens como representações analógicas com semelhança estrutural com o que elas representam, e não meras experiências subjetivas. Essas imagens podem ser geradas pela visualização de algum objeto ou situação, mesmo que brevemente, ou, na maior parte dos casos, as imagens são geradas com base em um conjunto de informações armazenadas na memória.

Essa visão também é adotada por Wolff (2015), em sua pesquisa de doutoramento, na qual acrescenta que a imagem mental não será uma cópia da percepção visual de objetos externos, mas resultado do processo interpretativo do estudante, onde o resultado depende também do seu conhecimento.

A ideia de Perfil Epistemológico Bachelardiano

O positivismo atribuído à pesquisa científica, bem como a objetividade no trabalho dos cientistas,

são fatores que contrariam as ideias de Bachelard, G. (1985,1991) apresentadas em suas obras, como “O Novo Espírito Científico” (1985) e “A Filosofia do Não” (1991). Ressalta, então, a necessidade de construção de um pensamento complexo para a ciência e uma postura de reflexão filosófica sobre a prática científica.

Com o intuito de mostrar que diferentes filosofias podem estar presentes na mesma acepção de um conceito, ainda que algumas delas sejam, conscientemente, consideradas inadequadas para caracterizar determinada noção do conhecimento científico, Bachelard, G. (1991) apresenta ideias vinculadas ao termo por ele denominado como “perfil epistemológico”, que caracteriza justamente as diversas escolas filosóficas e posturas de natureza epistemológica dos sujeitos. Isto é, essa pluralidade representa diferentes formas de ver e representar a realidade, tanto para o mesmo sujeito em relação a um conceito científico, quanto para um mesmo conceito em diferentes contextos históricos.

Em sua obra “A Filosofia do Não” (1991), Bachelard apresenta suas ideias que culminam no termo cunhado como “perfil epistemológico”, utilizando um exemplo sobre a definição do conceito de massa e energia, onde o autor traça e analisa o seu perfil epistemológico pessoal, tanto para a noção de massa quanto para a noção de energia, comparando-os posteriormente.

As cinco filosofias que Bachelard aponta como responsáveis pelas suas noções de massa e energia são: realismo ingênuo, empirismo claro e positivista, racionalismo clássico da mecânica racional, racionalismo completo (relatividade) e o racionalismo discursivo. Neste tocante, o autor relaciona essas filosofias de maneira a evidenciar o grau de importância ao expressar a frequência de utilização efetiva da noção dos conceitos. Desta forma, o perfil epistemológico do próprio autor é traçado.

Diante desse perfil, inferências podem ser traçadas com o intuito de apontar as filosofias que se destacam no processo de definição do determinado conceito escolhido, sendo que esse perfil epistemológico, de acordo com Bachelard, G. (1991,

p.25), “[...] deve sempre referir-se a um conceito designado, de ele apenas ser válido para um espírito particular que se examina num estádio particular da sua cultura”.

Através deste cenário, acentua-se a pluralidade filosófica na postura epistemológica do sujeito em sua prática científica.

[...] a qualquer atitude filosófica geral, pode opor-se, como objeção, uma noção particular cujo perfil epistemológico revela um pluralismo filosófico. Uma só filosofia é, pois, insuficiente para dar conta de um conhecimento preciso. Se então se quiser fazer, a diferentes espíritos, exatamente a mesma pergunta a propósito de um mesmo conhecimento, ver-se-á aumentar singularmente o pluralismo filosófico da noção. (Bachelard, G. 1991, p. 29)

Fazendo uso das ideias de Bachelard a respeito do perfil epistemológico do sujeito, pretende-se, neste trabalho, investigar as correntes filosóficas dos estudantes em relação ao conceito do comportamento dual da matéria e da radiação eletromagnética, após os mesmos realizarem atividades utilizando ferramentas hiperculturais.

Ao apresentar os gráficos para seu perfil epistemológico acerca do conceito de massa e de energia, Bachelard não explica como obteve os valores para a frequência de utilização pessoal de cada noção. Apenas aponta a dificuldade de estabelecer estes valores, ao citar que:

[...] tentaremos então pôr grosseiramente em evidência a sua importância relativa colocando em abscissas as filosofias sucessivas e em ordenadas um valor que - se pudesse ser exato - mediria a frequência de utilização efetiva da noção, a importância relativa de nossas convicções. Com uma certa reserva relativamente a esta medida muito grosseira, obtemos então o nosso perfil epistemológico. (Bachelard, G. 1991, p.25)

Nas seções seguintes, serão tratados os instrumentos e métodos utilizados por esta pesquisa

para verificar as filosofias expressadas pelos estudantes ao responderem questionamentos relacionados aos fenômenos envolvendo a dualidade onda-partícula.

Antecedentes A relação entre as visões filosóficas e suas noções acerca da dualidade

Bachelard, G. (1991) relacionou as suas interpretações privadas acerca dos conceitos de massa e energia com as visões filosóficas pertinentes e responsáveis por conduzir determinadas compreensões. Através dessa ideia, pretende-se, aqui, traçar uma relação entre as noções construídas ao longo da história acerca da dualidade e as visões filosóficas que são responsáveis pela estruturação do perfil epistemológico do indivíduo. Esta correspondência é sugerida por Pinto, A.; Zanetic, J. (1999) em meio as suas investigações sobre a inserção da MQ no Ensino Médio, na qual utilizam a ideia de Perfil Epistemológico como referencial filosófico.

Desta forma, as filosofias que serão adotadas e vinculadas com as noções acerca da natureza da luz estão descritas a seguir.

Realismo Ingênuo

Também pode ser denominado como Animismo, sendo considerado por Bachelard, G. (1991) um pensamento mais primitivo do indivíduo, o qual antecede o estágio científico da noção sobre determinados conceitos e fenômenos. A percepção de que a luz seria propriedade dos olhos e a concepção aristotélica de que a luz era resultado da atividade de um determinado meio, cuja vibração provocaria o movimento de humores presentes nos olhos, integram-se na filosofia animista (Rocha, J. 2002). Demais interpretações oriundas de meios não empíricos ou teóricos de entender a natureza da luz incorporam-se nessa visão filosófica. Também se encaixam nessa filosofia as representações animistas para os objetos quânticos, onde são atribuídos formatos geométricos com características visuais e de natureza tácita.

Empirismo claro e positivista

Assume-se empirismo claro e positivista como a visão que trata as noções explicadas por meio de fatos empíricos, em cujas observações dos feixes de luz em determinadas situações são as principais investigações na construção do conceito sobre a natureza da luz. Por exemplo, a observação de feixes de luz ao atravessarem fendas de uma janela ou em qualquer outro objeto. Dessa forma, também atrelam-se a esse conceito interpretações acreditando na percepção sensorial defendida pelos atomistas, na qual os objetos emitiam átomos que atingiam os órgãos da visão para formar a imagem no cérebro. Sendo assim, “um pensamento empírico associado a uma experiência tão peremptória, tão simples, recebe então o nome de pensamento realista” (Bachelard, G. 1991, p.15), fundamentado empiricamente, o que o difere do realismo ingênuo.

Racionalismo Clássico

Para a visão racional, é tomado como referência a categorização apresentada por Pinto, A.; Zanetic, J. (1999), na qual adotam para esta filosofia modelos com fundamentação teórico-matemática, a exemplo do modelo corpuscular de Newton e o ondulatório de Huygens.

Ultra-racionalismo

Optou-se por utilizar o ultra-racionalismo, sendo essa a visão filosófica que agrupa o racionalismo completo e racionalismo discursivo adotados por Bachelard, G. (1991). Trata-se de um pensamento mais sofisticado, ou seja, é a evolução filosófica de um conhecimento científico particular, seguindo um caminho que se inicia no animismo e tem o ultra-racionalismo como ponto de chegada. De acordo com Bachelard, G. (1991), esse aspecto filosófico do conhecimento físico constitui a essência do novo espírito científico, permitindo, através do seu estudo, “captar o pensamento científico contemporâneo

e mostrar a novidade essencial que lhe é própria” (Bachelard, G. 1991, p. 97).

Para o ultra-racionalismo, é concebida toda a explicação que faz menção às interpretações modernas da FQ para a natureza da luz. Atribui-se, por exemplo, a visão ondulatória de Schrödinger a corpuscular de Landé, a dualista realista de De Broglie e Bohm e a dualista positivista de Bohr.

É importante ressaltar que, de acordo com Bachelard, G. (1991), um conhecimento específico pode expor-se numa filosofia particular, mas não pode fundar-se numa única filosofia, o seu progresso implica aspectos filosóficos variados.

Problema de pesquisa e métodos

O problema de pesquisa norteador deste trabalho circunda a seguinte questão: Qual a relação entre o perfil epistemológico do estudante, suas imagens mentais e *drivers* construídos após a utilização de experimentos virtuais de Mecânica Quântica?

Duas outras questões auxiliares são apresentadas para complementar o problema central de pesquisa:

- É possível se identificar as imagens mentais e *drives* após utilização de experimentos virtuais de mecânica quântica?
- É possível se identificar o perfil epistemológico destes estudantes?

De acordo com o problema de pesquisa proposto, o presente artigo tem como objetivo utilizar bancadas virtuais como mediação hipercultural no processo de construção de conhecimentos relacionados ao comportamento dual da matéria e da radiação eletromagnética, que, segundo Pessoa Jr, O. (2006), é um tópico que caracteriza a Teoria Quântica, atribuindo aspectos ondulatórios a qualquer partícula individual e aspectos corpusculares a qualquer forma de radiação. Portanto, tendo a finalidade de verificar quais representações e *drivers* de

estudantes de física são adquiridos ou modificados após a utilização de ferramentas hiperculturais para, fazendo o uso dessa verificação, analisar o perfil epistemológico dos discentes diante da noção de conceitos relacionados ao comportamento dual da matéria e da radiação eletromagnética.

Para tanto, opta-se por utilizar como referencial epistemológico a TMC, em razão de sua abordagem relacionada à mediação hipercultural, em especial mediante o uso de computadores, sendo essas ferramentas tecnológicas responsáveis pela realização de processamentos externos de informação, interagindo com os mecanismos internos de processamento e, como consequência, modificando a estrutura cognitiva do indivíduo. Também será utilizada a ideia de perfil epistemológico proposta por Bachelard, com o intuito de averiguar as filosofias intrínsecas dos estudantes, responsáveis pela sua interpretação do fenômeno da dualidade.

As atividades da pesquisa foram desenvolvidas com uma amostra de 7 estudantes que cursavam a fase final do curso de Licenciatura em Física, sendo 4 discentes de uma instituição de ensino pública da cidade de Bento Gonçalves-RS e 3 discentes de uma instituição privada da cidade de Canoas-RS. O desenvolvimento dessa atividade será apresentado em quatro etapas, sendo elas:

Etapa I

Na primeira etapa, um pré-teste³ foi construído e validado pelos autores e posteriormente aplicado aos estudantes, antes que os mesmos tivessem qualquer contato com os softwares que serão utilizados como proposta deste trabalho. Os pré-testes foram resolvidos individualmente pelos estudantes.

Etapa II

Nesta fase, foi entregue aos alunos um roteiro de atividades⁴ para conduzir a utilização dos dois

3. Disponibilizado em: <http://migre.me/mOBbm>

4. Disponibilizado em: <http://migre.me/mODjQ>

softwares propostos. Os simuladores foram empregados segundo a abordagem P.O.E., Predizer-Observar-Explicar, na qual os estudantes são chamados a prever o comportamento de uma situação-problema ou de um experimento, observar a simulação e, após essas etapas, explicar possíveis diferenças entre suas concepções e o observado (Wu, H. *et al.*, 2001). É durante esse estágio, com duração de 6 horas/aula, que acreditamos ocorrer a internalização dos drives intrínsecos às representações computacionais. O *software* A - Interferômetro Virtual de Mach-Zehnder (Figura 1-I) permite ao usuário observar o fenômeno de interferência produzido por um feixe de luz por fótons individuais. O *software* B - Fenda Dupla de Young (Figura 1-II) permite observar o comportamento de objetos clássicos e quânticos ao passarem por fendas estreitas e muito próximas.

Na semana seguinte ao término das atividades utilizando os *softwares*, foi aplicado aos alunos o pós-teste⁵, contendo questões abertas e fechadas referentes ao mesmo conteúdo abordado no pré-teste, o comportamento dual da matéria e da radiação eletromagnética.

Etapa IV

Esta etapa consiste em entrevistas realizadas individualmente com os alunos, tendo como pauta as questões e as respostas do pós-teste. As entrevistas

foram conduzidas conforme o protocolo “*Report Aloud*”, sendo uma adaptação da técnica “*Think Aloud*” (Van-Someren, M. *et al*, 1994). A diferença entre os métodos é que no “*Think Aloud*” o entrevistador e o entrevistado mantêm constante diálogo a respeito do que o entrevistado está pensando durante a execução de uma tarefa, ou seja, enquanto o estudante responde o questionário ele pensa em voz alta, já no “*Report Aloud*” o estudante reporta ao entrevistador o seu processo de pensamento enquanto estava respondendo as questões, isto é, o estudante resolve as questões e só depois, ao finalizá-las, reporta o seu processo de pensamento. As entrevistas foram gravadas e transcritas, tal como os áudios produzidos pelos alunos (sic) para a devida análise.

Os resultados foram obtidos após as análises realizadas sobre os pré-testes, pós-testes e imagens de vídeo obtidas durante as entrevistas do pós-teste. A apreciação do conteúdo dessas gravações foi realizada por análise gestual descritiva (Monaghan, J.; Clement, J. 1999). Essa metodologia já foi utilizada em outros trabalhos (Andrade Neto, A.; Engel, V. 2012; Rocha, J.; Andrade Neto, A. 2013; Trevisan, R.; Andrade Neto, A. 2014; Ramos, A. 2015).

A base metodológica de Monaghan, J.; Clement, J. (1999) consiste em utilizar alguns indicadores, tais como os movimentos de mãos para sugerir que os estudantes estavam se utilizando de imagens dinâmicas de simulações mentais durante a tarefa

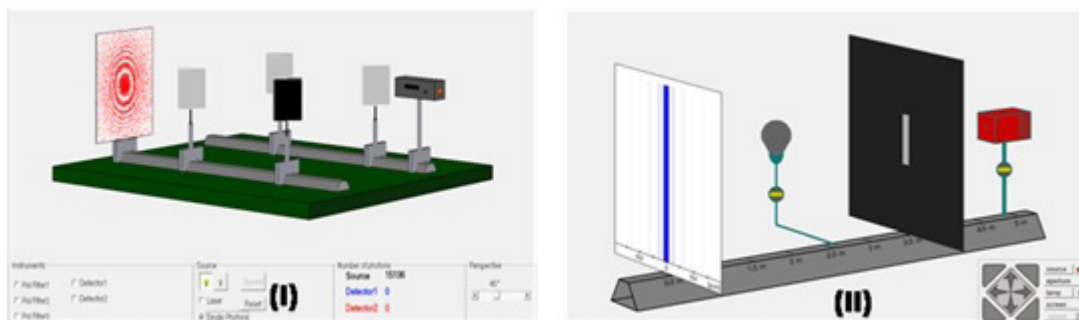


Figura 1. (I) Interferômetro Virtual de Mach-Zehnder (II) Arranjo experimental virtual da Fenda Dupla de Young. Fonte: extraído dos softwares.

5. Disponibilizado em: <http://migre.me/mODwd>

de resolução de problemas de movimento relativo. Diante disso, acredita-se na possibilidade de se obter o conhecimento implícito do aluno inerente às suas visualizações internas (simulação mental do raciocínio), após a mediação hipercultural (em forma de bancadas virtuais), por meio da sua externalização gestual.

A interpretação dos gestos poderá fornecer informações que não são identificadas apenas através da fala. Isto é, a informação transmitida gestualmente está relacionada com a transmitida verbalmente, sem que ambas devam ser necessariamente a mesma informação transmitida. Portanto, os gestos podem auxiliar na transmissão de informação sempre que houver dificuldade de expressão verbal. Assim, é possível identificar padrões de gestos e relacioná-los com os conhecimentos implícitos – considerados nesta pesquisa como *drivers* – existentes na estrutura cognitiva dos estudantes (Trevisan, R. 2016). Dessa forma, pode-se extrair do estudante seus *drivers* internalizados. Esses *drivers* dependem diretamente dos tipos de mediações utilizadas para resolver uma situação-problema.

A análise textual discursiva proposta por Moraes, R.; e Galiuzzi, M. (2011) também é empregada neste trabalho com o objetivo de abarcar a análise da linguagem verbal, presente nos instrumentos para as coletas dos dados produzidos pelos sujeitos envolvidos na pesquisa, o chamado *corpus*. Essa metodologia consiste na análise e interpretação dos diferentes materiais obtidos durante a pesquisa, com o objetivo de compreender de maneira mais profunda as informações contidas no objeto em estudo.

Resultados e Análise

Conectando, portanto, a TMC empregada ao ensino de física juntamente com a ideia de perfil epistemológico Bachelardiano, serão apresentados os resultados de dois estudantes, um discente (que será tratado como A1) oriundo de uma instituição de ensino superior privada e outro (que será tratado como A2) de uma instituição de ensino superior

pública, ambos em fase final do curso de Licenciatura em Física. Inicialmente, serão apresentados os resultados expressados pelo A1.

Os primeiros questionamentos foram voltados aos fenômenos vinculados e observados através do interferômetro de Mach-Zehnder (*software* A). Ao explicar o caminho percorrido pelo fóton no interferômetro, desde a fonte de emissão até o anteparo de observação, o A1 começa a expressar a sua interpretação quanto ao comportamento do fóton. Inicia seu raciocínio afirmando que imagina o fóton sendo dividido ao encontrar o primeiro espelho semi-refletor: “esse anteparo (espelho semi-refletor) é pros dois lados, vai refletir metade dos fótons pro lado e metade pro outro” (A1).

Dando sequência à sua explicação, o aluno fala em imaginar o segundo espelho semi-refletor unindo os fótons anteriormente separados: “metade vem por um lado, metade vem por outro, e lá em cima eles vão se unir. No caso, eles vão se juntar os dois e vão chegar no anteparo” (A1). Após essa explicação, o aluno é questionado se a sua explicação era para um fóton, neste caso, se era um fóton dividindo em dois ou ele estava imaginando vários fótons. Ele responde: “vários fótons, um vai para um lado o outro vai para o outro” (A1).

Para explicar o padrão de interferência formado no anteparo, o aluno imagina o segundo espelho semi-refletor canalizando os fótons. Nas próprias palavras do aluno, “chegam no anteparo em vales e picos”, citando, portanto, características ondulatórias, como a interferência construtiva e destrutiva, responsáveis, na sua opinião, pelos pontos claros e escuros (comportamento ondulatório) observados no anteparo cintilante.

Seguindo a conversa, o aluno ao ser questionado quanto à sua imaginação sobre o fóton isolado, sem o mesmo estar presente em aparatos experimentais, responde imaginar “o formato de uma partícula né, uma bolinha redonda” (A1). Na Figura 2 abaixo, recortamos do vídeo da entrevista uma figura que do gesto descritivo que corresponde a uma imagem mental específica: nas palavras do próprio estudante, uma bolinha redonda. De acordo com o restante

da entrevista, esta “bolinha redonda” é parte de um *driver*, possivelmente originado de observação de corpúsculos se movendo à semelhança de um bilhar, deslocando-se em linhas retas e, ao colidir com uma superfície, ricocheteia em ângulo de retorno igual ao incidente. Dessa forma, a partir da imagem mental identificada pela análise do discurso verbal e gestual, podemos tornar explícito o *driver* utilizado. Este *driver*, necessariamente, reforça uma interpretação corpuscular (seja ela pura ou mista) do objeto quântico.



Figura 2. A1 representando o formato de um fóton, por ele imaginado.

Fonte: a pesquisa.

Nota-se que o aluno iniciou seu raciocínio com o intuito de explicar a trajetória com a fonte em regime monofotônico, mas o mesmo explica a trajetória de vários fótons passando pelo interferômetro. Visto que o discente necessita imaginar vários fótons para explicar o comportamento ondulatório, pois, se ele imaginar apenas um único fóton, a representação que surge é a de um corpúsculo clássico, e em sua ideia apresentaria um comportamento corpuscular no anteparo.

Analisando o raciocínio do A1 diante das respostas aos questionamentos relacionados ao experimento da fenda dupla de Young (*software B*), a mesma interpretação e explicação para o comportamento do fóton é dada para o elétron. Em ambas as situações, com a fonte emitindo fótons e elétrons, o aluno os interpreta como onda. Julga-se que essa opinião se deve ao fato de o aluno já ter visto no estudo da óptica a análise com enfoque ondulatório para o

experimento da fenda dupla, ou seja, teoricamente, era de seu conhecimento o surgimento do padrão de interferência. Entretanto, o estudante não apresenta conhecimentos relacionados à possibilidade de destruição do padrão de interferência e o surgimento de um borrão, caracterizando o comportamento corpuscular do fóton e do elétron, quando se é sabida a fenda pela qual o objeto quântico atravessou.

Analisando o raciocínio e a interpretação averiguada após a utilização dos *softwares*, traçaremos o perfil epistemológico do estudante em relação à noção da dualidade onda-partícula do fóton e do elétron. Para tanto, serão adotadas as ideias do trabalho de Montenegro, R.; Pessoa Jr, O. (2002) de categorização, com relação à ontologia, nas quais uma interpretação pode considerar um objeto quântico (fóton, elétron) de maneira corpuscular, ondulatória ou dualista. Quanto às atitudes epistemológicas, as duas fundamentais são o realismo e o positivismo. Com essas categorias, os autores apresentam quatro grandes grupos interpretativos: Interpretação Ondulatória (realista), Interpretação Corpuscular (realista), Interpretação Dualista Realista e a Interpretação Dualista Positivista.

Portanto, a interpretação que mais se adéqua ao raciocínio utilizado pelo A1 é a Interpretação (ainda não consolidada) Dualista Realista. O estudante, em diversos momentos, remete o fóton e o elétron como partícula e como onda, associando uma onda aos objetos quânticos, ondas responsáveis pela interferência construtiva ou destrutiva. Desta forma, as imagens mentais referentes aos fenômenos ondulatórios clássicos também constituem os *drivers* utilizados pelo estudante para resolver as situações problemas propostas pelos instrumentos da pesquisa. Possivelmente os *drivers* culturais prevalecem na estrutura cognitiva do aluno, pois o mesmo não faz menção direta, em suas respostas, aos *softwares* utilizados.

Esboçando o perfil epistemológico do aluno 1

Após a apresentação dos argumentos utilizados pelo aluno para explicar o seu entendimento dos

fenômenos estudados através dos *softwares*, será exibido a seguir o esboço do perfil epistemológico acerca da noção da dualidade do A1.

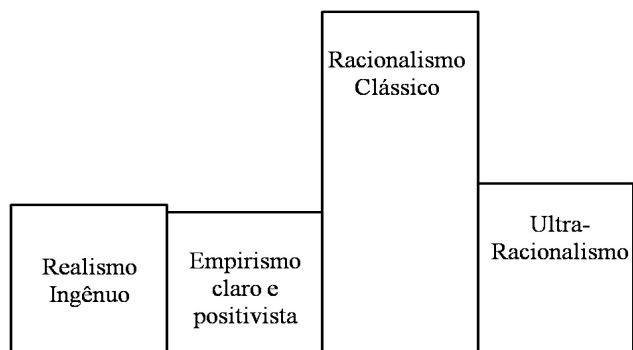


Figura 3. Perfil epistemológico do A1 acerca da noção pessoal da dualidade. Fonte: a pesquisa.

A filosofia que se mostra mais representativa na formação da noção do A1, a respeito da dualidade, é o racionalismo clássico. As outras três filosofias que complementam o perfil (o realismo ingênuo, o empirismo claro e positivista e o ultra-racionalismo) aparecem com intensidades semelhantes e com diferença significativa para o racionalismo clássico. As justificativas para essa escolha são apontadas na sequência.

O racionalismo clássico se sobressai em virtude das diversas explicações clássicas utilizadas pelo aluno. Ainda que o mesmo apresente consciência da dualidade da luz, algumas indecisões estão presentes e contribuem para o raciocínio clássico apresentado pelo estudante em alguns pontos, como: a dificuldade apresentada em explicar a sua interpretação dual para o fóton com a fonte em regime monofotônico, em ambas as bancadas virtuais; e a escolha pela alternativa incorreta na questão a respeito da dupla fenda em regime quântico no pós-teste, que denunciam a postura clássica presente. A explicação utilizando a teoria ondulatória clássica é utilizada com maior frequência nas explicações para os fenômenos.

O ultra-racionalismo apresenta-se com uma diferença maior de intensidade para racionalismo clássico, o aluno apresenta uma interpretação dual para a luz e objetos quânticos. Os fundamentos utilizados, como a associação de uma onda ao elétron e fóton, são conjecturas modernas e que representam

o ultra-racionalismo. A representatividade do ultra-racionalismo no perfil de não se acentua, isso pelo fato de o aluno não ter, até o momento, desenvolvido uma aceção mais consolidada na manipulação das leituras dos fenômenos quando a fonte –tanto no IMZ quanto no AEDF– opera em regime quântico.

O realismo ingênuo e a atitude empirista e positivista apresentam-se também com intensidades semelhantes, o aluno adota uma postura realista e não utiliza com frequência os experimentos observados nas bancadas virtuais como importante na decisão de suas interpretações. A imagem mental responsável pela representação do fóton e elétron mostra-se ainda de maneira animista, contribuindo para a parcela do realismo ingênuo na construção espectral filosófica do A1 acerca da noção da dualidade.

Em seguida, serão apresentados os resultados e a análise do aluno 2 (A2).

Análise dos dados e resultados do A2

Iniciando a análise do raciocínio demonstrado pelo A2, verifica-se, primeiramente, o fenômeno no interferômetro virtual. O aluno considera o fóton com comportamento ondulatório, explicando o padrão de interferência por ele desenhado no pós-teste, devido à falta de conhecimento do caminho tomado pelo fóton após encontrar-se com o primeiro espelho semi-refletor do interferômetro, visto que as probabilidades de reflexão (percorrer uma das trajetórias possíveis) e de transmissão (percorrer a outra trajetória possível) do fóton são as mesmas: “como a gente desconhecia o caminho do fóton, então, mesmo sendo emitido um por vez, havia interferência, daí formava a figura de interferência” (A2).

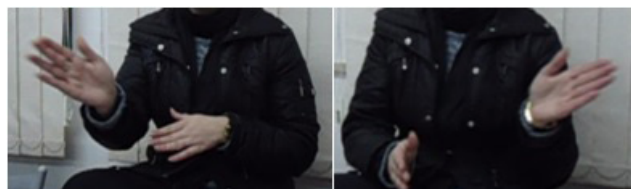


Figura 4. A2 utilizando as mãos para simular as possíveis trajetórias do fóton, após a interação com o primeiro espelho semi-refletor. Fonte: a pesquisa.

E, ao ser questionado quanto ao comportamento do fóton durante o seu percurso no interferômetro, o aluno descreve o seu raciocínio com as seguintes palavras: “eu imaginaria ele todo percurso como uma partícula, né, embora eu saiba que ele é, né, da dualidade onda partícula, mas para eu imaginar o experimento, eu visualizaria como o fóton fazendo o caminho como sendo uma partícula”.

Portanto, o aluno utiliza uma representação corpuscular para o fóton, mas acaba desenhando um padrão com particularidade ondulatória no anteparo, pois, teoricamente, tem o conhecimento do comportamento dual do fóton, possuindo, desta forma, a previsibilidade do padrão formado no anteparo. O aluno também remete a uma partícula sua imaginação para um fóton isolado: “uma partícula bem pequenininha... como se fosse um pontinho” (figura 5).



Figura 5. A2 utilizando o polegar e o indicador para representar o fóton. Fonte: a pesquisa.

Analisando o raciocínio do A2 diante das respostas aos questionamentos relacionados ao experimento da fenda dupla de Young, verifica-se uma explicação semelhante à apresentada para o interferômetro, ou seja, a interpretação do comportamento para os fótons e elétrons emitidos pela fonte, é a mesma.

Aluno 2: Então, imagina-se que ele passa por uma única fenda, mas a gente não sabe qual o caminho, que daí fica aquela questão da incerteza, e quando

ele passa, ele tem um comportamento de onda, se não tiver nenhum observador, né. Se tiver um observador, daí perde o, a propriedade de onda, de interferência.

Assim, o aluno tem imagens mentais do fóton e do elétron como corpúsculos (tal como ilustrado nas Figuras 4 e 5), levando-o a utilizar *drivers* correspondentes, tal como já descrito anteriormente, os interpretando com o comportamento corpuscular em todo o percurso do aparato experimental, mas no anteparo o aluno desenha um padrão de interferência, sendo este um fenômeno ondulatório, atribuindo à sua resposta a falta de informação da fenda pela qual o elétron (a mesma explicação é utilizada para o fóton no experimento da fenda dupla) passa. Caso um observador detectasse por qual das fendas o elétron passou, o padrão observado no anteparo cintilante mudaria, isto é, a imagem de interferência no anteparo seria destruída.

Devido ao fato de o aluno já ter cursado uma disciplina que abordasse o comportamento dual do fóton e do elétron, os desenhos realizados nos anteparos no pós-teste estavam corretos. No entanto, o estudante não imagina o elétron em nenhum momento com comportamento ondulatório, o seu *driver* de representação para as partículas quânticas continua inalterado. Por exemplo, o aluno alega a imagem do elétron como partícula, pois em toda a sua trajetória acadêmica, ao estudar a eletricidade, sempre observou a representação de um elétron como uma esfera com um sinal negativo.

De acordo com Montenegro, R.; Pessoa Jr, O. (2002), podemos caracterizar uma interpretação (ainda não consolidada) Dualista Positivista manifestada pelo A2, sendo que a Interpretação Corpuscular (realista), em menor frequência, também é manifestada pelo aluno, caracterizada pela interpretação implícita ao se usar a Lógica Quântica, que pôde ser constatada em trechos do raciocínio do aluno. Estas duas interpretações que emergem de maneira incisiva no discurso do aluno, caracterizam o perfil epistemológico-ontológico do aluno para a noção da dualidade.

Esboçando o perfil epistemológico do aluno 2

Neste tocante, serão utilizados os *drivers*, imagens mentais e representações utilizadas pelo aluno durante a sua interpretação para os fenômenos estudados através das ferramentas hiperculturais em forma de bancadas virtuais para traçar o perfil epistemológico do A2 acerca da noção da dualidade.

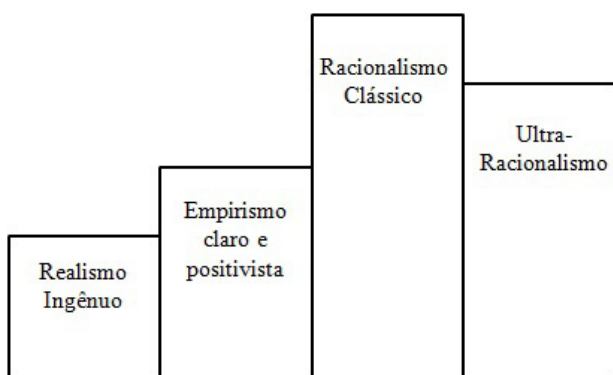


Figura 6. Perfil epistemológico do A2 acerca da noção pessoal da dualidade.

Fonte: a pesquisa.

O racionalismo clássico é a filosofia com maior destaque na compreensão do A2 acerca da dualidade, a atitude racional clássica manifesta-se em diversos pontos ao longo das explicações apresentadas pelo aluno. O arranjo experimental da dupla fenda em regime clássico é o experimento no qual A2 apresentou maior convicção em suas respostas, acessando seus *drivers* psicofísicos e culturais. O aluno fornece representações clássicas ao longo da exposição de seu raciocínio, imagina o fóton e, principalmente, o elétron como corpúsculos ao longo do IMZ e do AEDF, mas atribui uma propriedade de onda a esses objetos quânticos para justificar os comportamentos ondulatórios observados em algumas configurações dos *softwares*.

De acordo com o gráfico apresentado, o ultra-racionalismo é a segunda filosofia presente com maior intensidade no espírito do indivíduo acerca da sua compreensão da dualidade. A sua consciência, ainda que incipiente, a respeito do comportamento

dual da luz e dos objetos quânticos, conecta-se à postura ultra-racionalista, formada com o conhecimento de diversos conceitos ao longo de sua jornada acadêmica.

O aluno menciona ao longo de sua entrevista conhecimentos sobre o princípio da incerteza e a influência do observador (medida) nos experimentos em regime quântico, o que, em uma possível comparação com a representatividade desta filosofia nos perfis apresentados anteriormente (de A1), contribui para a atribuição aparente a A2 do maior avanço conceitual na compreensão dos fenômenos estudados através das ferramentas hiperculturais.

O empirismo claro e positivista é a terceira filosofia com maior representatividade. Essa atitude é observada na necessidade do aluno em utilizar os experimentos para definir as suas interpretações a respeito da dualidade, sendo o empirismo, segundo o próprio aluno, fundamental para a sua metodologia de abordagem da dualidade, enquanto futuro professor da Física Moderna e Contemporânea. O realismo ingênuo é a atitude filosófica de menor intensidade, testemunhado nas representações dos objetos quânticos e na maneira como os mesmos são vinculados aos aparatos experimentais virtuais, isto é, uma definição animista acerca da imagem do fóton e elétron.

Assim sendo, esta análise filosófica espectral converge para as interpretações Dualista Positivista e Corpuscular (em menor veemência), verificadas ao longo dos dados levantados e investigados.

Considerações Finais

Os *softwares* utilizados neste trabalho, caracterizados como laboratórios virtuais (ou bancadas virtuais), apresentaram-se como processadores externos de informação, proporcionando aos alunos, através do guia de atividade baseado no P.O.E, a visualização e a análise do fenômeno dual da matéria e da radiação eletromagnética. No entanto, os *softwares*, não se mostraram eficazes para uma nova aquisição de *drivers* microscópicos resultantes de uma ferramenta hipercultural. Os *drivers* psicofísicos

e culturais prevalecem no momento da resolução e explicação dos problemas. Para compreender o porquê, levantamos a hipótese de que os *softwares* utilizados não apresentam representações gráficas dos objetos quânticos utilizados: fóton ou elétron. Esta é uma das características (Doerr, H. 1997) dos “experimentos virtuais”, em contraponto às “simulações conceituais”. Enquanto o segundo se permite apresentar representações conceituais utilizadas pelos cientistas – bem como o que ocorre macroscopicamente em um experimento⁶ – o primeiro se limita a apresentar unicamente o que é observado em um experimento. Assim, as bancadas virtuais escolhidas apresentam apenas um padrão no anteparo, resultado da manipulação do aluno sobre o arranjo experimental virtual. Desta forma, as representações e *drivers* microscópicos já existentes acabam permanecendo não modificados, ou seja, o aluno faz uso de seus *drivers* psicofísicos e culturais para explicar o padrão formado no anteparo.

A metodologia utilizada no trabalho, com a escolha da técnica *Report Aloud*, possibilitou a detecção das mudanças dos *drivers* sociais e psicofísicos já existentes na estrutura cognitiva do indivíduo. Desta forma, foi possível verificar o raciocínio e as concepções dos estudantes diante dos fenômenos da dualidade que os *softwares* apresentam.

O perfil epistemológico dos alunos pode ser traçado de acordo com as interpretações privadas, inferidas a partir dos *drivers* conceituais, manifestados durante as entrevistas, onde foram comparados com as quatro principais interpretações da Teoria Quântica. Averiguou-se mudanças das interpretações ao longo das suas explicações, o que confirma a falta de certeza sobre uma explicação que possa ser tomada em seu raciocínio como correta para determinadas situações-problema.

O uso do perfil epistemológico de Bachelard e do discurso dos estudantes são suficientes para levantar boa parte do perfil epistemológico, contudo, quando utiliza-se as imagens mentais para dar maior fundamentação metodológica ao que o estudante

está “visualizando internamente”, necessariamente fazemos o uso da TMC para entrelaçar as imagens mentais e os *drivers*. Ademais, o perfil epistemológico bachelandiano reinterpretado dentro da TMC implica, que, o perfil do estudante sofre influências dos mecanismos externos de cognição utilizados ao longo da vida, sendo esta a hipótese teórica central do trabalho, na qual diferentes mecanismos externos utilizados para compreender o fenômeno quântico da dualidade, alteram substancialmente o perfil epistemológico do indivíduo acerca do conceito.

Diante deste cenário, pode-se entender essa alternância nas explicações, seguidas de erros conceituais para os fenômenos observados nos *softwares*, como uma falha no ensino da MQ, visto que a dualidade onda-partícula é um tema central e “básico”, e que talvez o experimento paradigmático mais importante a ser passado para os alunos de MQ, seja o da dupla fenda para elétrons individuais (*software B*). Corroborando com as ideias de Montenegro, R e Pessoa Jr, O. (2002), afirmando que os cursos de Mecânica Quântica são excessivamente voltados para cálculos, dando pouca ênfase ao esclarecimento conceitual do assunto, não sendo vista como problemática a formulação matemática, mas, sim, o negligenciamento dos conceitos e questões interpretativas.

Agradecimentos

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES).

Referências

- ANDRADE NETO, A. S. ; ENGEL, V. Uso de Simuladores no Ensino de Física: Um estudo da produção Gestual de Estudantes Universitários. **RENOTE-Revista Novas Tecnologias na Educação**, v. 10, p. 1001, 2012.
- BACHELARD, G. **O Novo Espírito Científico**. 2.ed. Rio de Janeiro: Tempo Brasileiro, 1985.

5. Como visto, por exemplo, em Wolff (2015).

- BACHELARD, G. **A Filosofia do Não-Filosofia do Novo Espírito Científico**. 5.ed. Lisboa: Presença, 1991.
- BETZ, M. EM. Elementos de mecânica quântica da partícula na interpretação da onda piloto. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 36, n. 4, p. 4310, 2014.
- DOERR, H.M. Experiment, Simulation and Analysis: An integrated Instructional Approach to the Concept of Force. **International Journal of Science Education**, v.19, n.3, pp. 265-282, 1997.
- FEYNMAN, R.P.; LEIGHTON, R.B. e SANDS, M. (1963). **The Feynman lecture on Physics**. New York: Addison-Wesley, v.3.
- GRECA, I. M. R. **Construindo Significados em Mecânica Quântica**: resultados de uma proposta didática aplicada a estudantes de Física Geral. Porto Alegre: Instituto de Física da UFRGS, 2000, 284 p. (Tese).
- MONAGHAN, J. M.; CLEMENT, J. J. Use of a computer simulation to develop mental simulations for understanding relative motion concepts. **International Journal of Science Education**, v. 21, n. 9, p. 921-944, 1999.
- MONTENEGRO, R.L.; PESSOA JR., O. Interpretações da Teoria Quântica e as Concepções dos Alunos do Curso de Física. **Investigações sobre Ensino de Ciências**, v.7, n. 2, 2002.
- MORAES, R.; GALIAZZI, M. C. **Análise Textual Discursiva**. Ijuí: Editora Unijuí, 2011.
- OTERO, M. R. El uso de imágenes en la educación em ciencias como campo de investigación. **Revista de Enseñanza de la Física**, v. 17, n. 1, p. 9-22, 2004.
- PINTO, A.C., ZANETIC, J. É Possível Levar a Física Quântica para o Ensino Médio? **Caderno Catarinense de Ensino de Física**, Florianópolis, v. 16, n. 1, p. 7-34, abr. 1999.
- PESSOA JR, O. **Conceitos de física quântica**. São Paulo:Livraria da Física,v. 1, 2006.
- PESSOA JR, O. **Conceitos de física quântica**. São Paulo:Livraria da Física,v. 2, 2008.
- RAMOS, A. F. **Estudo do Processo de Internalização de Conceitos de Química Utilizando Software de Modelagem Molecular**: Uma proposta para o ensino médio e superior. 2015. 230 f. Tese (Doutorado), Ensino de Ciências e Matemática, Universidade Luterana do Brasil, Canoas.
- ROCHA, J. F. M. Origem e Evolução do Eletromagnetismo. In: ROCHA, J. F. M. (org). **Origens e Evolução das Idéias da Física**. Salvador: EDUFBA, 2002.
- ROCHA, J.; ANDRADE NETO, A. S. Um Estudo de Caso Exploratório sobre a Internalização de Conceitos sobre Eletrostática: A influência da Hiper cultura e Mediação Digital. **RENOTE. Revista Novas Tecnologias na Educação**, v. 11, p. 11, 2013.
- SOUZA, B. C. **A Teoria da Mediação Cognitiva**: os impactos cognitivos da hiper cultura e da mediação digital. 2004. 282 f. Tese (Doutorado) - Curso de Psicologia, Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2004.
- SOUZA, B. C.; SILVA, A. S. ; SILVA, A. M. ; ROAZZI, A. ; CARRILHO, S. L. S. Putting the Cognitive Mediation Networks Theory to the test: Evaluation of a framework for understanding the digital age. **Computers in Human Behavior**, v. 007, p. 10.1016, 2012.
- TREVISAN, R. **Um estudo da relação entre as imagens mentais utilizadas por estudantes de mecânica quântica e seu perfil epistemológico: uma investigação pela metodologia Report Aloud**. 2016. 169 f. Dissertação (Mestrado) - Ensino de Ciências e Matemática, Universidade Luterana do Brasil, Canoas, 2016.
- TREVISAN, R.; ANDRADE NETO, A. S. (2014). A Utilização de Ferramentas Hiper culturais no Ensino de Mecânica Quântica: Investigação do Aprendizado de Representações, *Drivers* e Conceitos Quânticos. **RENOTE-Revista Novas Tecnologias na Educação**, v. 12, p. 1.
- VAN-SOMEREN, M. W.; BARNARD, Y. F.; SANDBERG, J. A. C. **The Think Aloud Method**: a practical guide to modeling cognitive processes. London, 1994.
- WOLFF, J. F. S. **As modificações de drivers prévios através da utilização de simulações computacionais: aprendizagem significativa dos**

conceitos de colisões verificadas através da análise das imagens mentais de estudantes universitários. 2015. 260 f. Tese (Doutorado) - Ensino de Ciências e Matemática, Universidade Luterana do Brasil, Canoas, 2015.

WU, H.-K.; KRAJCIK, J.S.; SOLOWAY, E. Promoting Understanding of Chemical Representations: Students' Use of a Visualization Tool in the Classroom. **Journal of Research in Science Teaching**, v.38, n.7, pp. 821-842, 2001.





O USO DO LÚDICO NO ENSINO DE CIÊNCIAS: JOGO DIDÁTICO SOBRE A QUÍMICA ATMOSFÉRICA

Ludic use in science teaching: didactic game on atmospheric chemistry

Caroline Medeiros Martins de Almeida¹ Tania Renata Prochnow² Paulo Tadeu Campos Lopes³

Para citar como este artículo: Almeida, C.M.M., Prochnow, T.R., Lopes, P.T.C. (2016). O uso do lúdico no ensino de ciências: jogo didático sobre a química atmosférica. *Góndola, Enseñ Aprend Cienc*, 11(2), 228-239. doi: 10.14483/udistrital.jour.gdla.2016.v11n2.a5.

Recibido: 10 de marzo 2016 / Aceptado: 23 de agosto de 2016

Resumo

O ensino de Ciências é permeado por conteúdos científicos abstratos e complexos ao entendimento dos alunos. Surge então a necessidade do professor ministrar aulas mais interessantes e motivadoras, buscando alternativas para proporcionar experiências de aprendizagem que sejam mais contemporâneas e assimiláveis para os alunos. Esta pesquisa objetivou analisar como o uso de um jogo didático pode auxiliar no processo de ensino e aprendizagem de Ciências, no conteúdo de química atmosférica, do 9º ano do Ensino Fundamental. Também verificamos a opinião dos estudantes com relação à atividade proposta. Comparando as respostas dos testes, percebemos uma maior apreensão do conteúdo no período pós-teste, demonstrando que a metodologia auxiliou na aprendizagem dos conceitos da química atmosférica, mesmo que alguns estudantes não tenham alcançado plenamente os objetivos propostos.

Palavras chaves: Ensino e aprendizagem, Ensino Fundamental, Aprendizagem significativa.

1. Doutoranda do Programa de Pós-graduação em Ensino de Ciências e Matemática da Universidade Luterana do Brasil. Autor de correspondência, correio eletrônico: bio_logia1@hotmail.com.
2. Doutora Ciências, professora pesquisadora do Programa de Pós-graduação em Ensino de Ciências e Matemática da Universidade Luterana do Brasil. Correio eletrônico: taniapro@gmail.com.
3. Doutor em Fitotecnia, professor pesquisador do Programa de Pós-graduação em Ensino de Ciências e Matemática da Universidade Luterana do Brasil. Correio eletrônico: pclopes@ulbra.br.

Abstract

Science education is permeated by abstract scientific content and complex to students understanding. Then comes the need of the teacher teach lessons more interesting and motivating, seeking alternatives to provide learning experiences that are more contemporary and assimilable for students. This study aimed to analysing how the use of an educational game can help in Science teaching and learning process, in the content of atmospheric chemistry, for the 9th year of elementary school. We also found the opinion of students regarding the proposed activity. Comparing the responses of the tests, we noticed a greater apprehension of the content in the post-test period, showing that the methodology helped in learning of the atmospheric chemistry concepts, even if some students have not fully achieved the objectives.

Keywords: Teaching and learning. Elementary school. Meaningful learning.

Introdução

Percebendo as dificuldades dos alunos do Ensino Fundamental em apreender os conteúdos de Ciências, verificamos a necessidade de uma forma de contribuir para o ensino desta disciplina tornar-se mais prazeroso para os alunos (ALMEIDA, LOPES, 2014). Levando em conta esta questão, esta pesquisa objetivou analisar como o uso de um jogo didático pode auxiliar no processo de ensino e aprendizagem de Ciências, no conteúdo de química atmosférica.

Ribeiro e Alencar Carvalho (2014) comentam que o uso de recursos estáticos, como aulas teóricas e os meios de comunicação tradicionais, na maioria das vezes, não permite um ensino satisfatório e a aprendizagem do conteúdo. Neste contexto, é necessário que os professores criem estratégias que façam com que os alunos desempenhem um papel ativo nas atividades realizadas favorecendo a aprendizagem significativa dos conteúdos.

A essência do processo de aprendizagem significativa é que as ideias simbolicamente expressas sejam relacionadas de maneira substantiva (não-literal) e não arbitrária ao que o aprendiz já sabe, ou seja, a algum aspecto da sua estrutura cognitiva

especialmente relevante para a aprendizagem dessas ideias (Ausubel em Moreira, 2006, p. 155).

A apresentação de novas informações, inclusive utilizando recursos lúdicos, pode viabilizar a aprendizagem significativa. Neste contexto, relacionar o conteúdo com aspectos conhecidos pelos estudantes, utilizar linguagem apropriada à faixa etária e selecionar materiais potencialmente significativos representam condições a serem viabilizadas na ação docente. Além dessas, cabe ressaltar a importância da predisposição para aprender e a existência de conhecimentos prévios como condições para aprendizagem significativa (Moreira, 2006; 2012; 2013).

Huizinga (2008) identifica uma atividade como sendo jogo, descrevendo que se trata de:

Atividade livre, conscientemente tomada como não-séria e exterior à vida habitual, mas ao mesmo tempo capaz de absorver o jogador de maneira intensa e total. É uma atividade desligada de todo e qualquer interesse material, com a qual não se pode obter qualquer lucro, praticada dentro dos limites espaciais e temporais próprios, seguindo uma certa ordem e certas regras (Huizinga, 2008, p.16).

Existem muitas concepções de jogos em relação ao contexto de ensino e aprendizagem, porém, quando se pensa em desenvolver uma atividade lúdica utilizando jogos, é necessário que o professor valorize o potencial pedagógico do mesmo, explorando os conceitos de Ciências, e possibilitando que os alunos criem estratégias facilitadoras da aprendizagem. Para Kishimoto (1998), o significado de jogo na educação está relacionado à presença concomitante de duas funções: a lúdica e a educativa. A função lúdica garante que o jogo propicie a diversão e o prazer e, a função educativa, garante a aprendizagem de algo que complete o indivíduo em seu saber e na sua apreensão em relação ao mundo, sendo que ambas as funções devem estar sempre em equilíbrio.

Para abranger toda a demanda do ensino, o uso de atividades lúdicas, pode oferecer aos professores recursos e meios que os ajudem a ampliar a relação ensino e aprendizagem, pois esses elementos apresentam características que despertam o interesse dos estudantes. Ferreira *et al.* (2011) explicam que a finalidade do jogo não é “testar o jogador”, mas sim aproximá-lo do mundo do conhecimento.

A aprendizagem de conceitos é facilitada quando estes tomam a forma aparente de um jogo didático, pois os alunos ficam entusiasmados quando recebem a proposta de aprender de uma forma mais dinâmica e descontraída. Campos *et al.* (2003) explicam que por aliar os aspectos lúdicos aos cognitivos, entendem que o jogo é uma importante estratégia para o ensino e a aprendizagem de conceitos abstratos e complexos, favorecendo a motivação interna, o raciocínio, a argumentação, a interação entre alunos e entre professores e alunos.

Freitas e Salvi (2008) discorrem que o jogo lúdico possui um caráter educativo e possui especificidades que o diferencia dos demais, como possibilitar o autoconhecimento, o respeito por si mesmo e pelo outro, a flexibilidade, a vivência integrada entre colegas e professores, motivando-o a aprender, sendo tudo associado à alegria e prazer.

Cabrera e Salvi (2005 em Castro *et al.*, 2011), afirmam que os recursos lúdicos influenciam

naturalmente o ser humano, que apresentam uma tendência à atividades lúdicas, da idade infantil até a idade adulta. Isto é influenciado pelo fato destas atividades envolverem as esferas motoras, cognitivas e afetivas dos indivíduos e assim, o indivíduo que exerce as atividades lúdicas, também age, sente, pensa, aprende e se desenvolve intelectual e socialmente.

De acordo com Santana (2008), o objetivo de uma atividade lúdica não é apenas levar o aluno a memorizar mais facilmente o assunto abordado, mas sim, induzir o raciocínio, a reflexão, o pensamento e conseqüentemente a construção do conhecimento, promovendo a construção do conhecimento cognitivo, físico, social e psicomotor, além do desenvolvimento de habilidades necessárias às práticas educacionais da atualidade. O ensino com atividades lúdicas permite ao educador criar inúmeras condições para o educando desenvolver habilidades, pois é um método atraente e interessante que proporciona aulas divertidas e dinâmicas, além de o aluno adquirir mais iniciativa (Alves, 2011).

A Química da Atmosfera no Ensino de Ciências

O tema atmosfera, no ensino de ciências, o tema atmosfera normalmente é abordado no 6º ano, porém neste trabalho, foi realizada uma abordagem diferenciada com alunos do 9º ano, a título de revisão e aprofundamento de conteúdo. Os livros de Ciências utilizados na revisão são de autoria de Canto (2012) e de Shimabukuro (2010).

O primeiro autor aborda as propriedades físicas do ar, como massa, espaço, pressão, resistência e o vento; em relação à química da atmosfera, o autor aborda apenas os constituintes majoritários da mistura ar, descrevendo brevemente as características do nitrogênio e suas aplicações industriais e do oxigênio e suas aplicações, abordando sua ação como comburente e como gás respiratório. Para o oxigênio, também é citada a sua produção fotossintética. Além destes dois componentes majoritários, o autor cita apenas o gás carbônico e suas propriedades,

não havendo referências aos demais componentes da mistura de gases atmosféricos.

Na obra editada sob a responsabilidade de Shimabukuro, a abordagem é mais aprofundada. Inicia com uma caracterização da atmosfera, abordando um pouco a evolução da atmosfera primitiva até a atual e a caracterização das camadas atmosféricas. Em relação à composição química da atmosfera, também ocorre um maior aprofundamento, caracterizando também o oxigênio, nitrogênio e gás carbônico e sua importância ambiental, relacionando o gás carbônico com o aquecimento atmosférico; indica também a presença de outros gases, citando os gases nobres e o vapor d'água. Este último é também relacionado com as diferentes condições climáticas. Nesta obra, também são abordados fenômenos atmosféricos relacionados com o clima, propriedades físicas do ar e as modificações atmosféricas e sua relação com as atividades humanas, como chuvas ácidas, "buraco" na camada de ozônio e o aquecimento global.

Metodologia

A pesquisa em questão é quantitativa descritiva, pois tem por finalidade descrever o conjunto de dados que se dispõe e o faz através de tabelações e representações numéricas ou gráficas (Moreira, 2003), sendo atrelada a um desenho pré-experimental por envolver um único caso, sem controle e que aplica pré-teste e pós-teste a um único grupo (Campbell e Stanley, 1979).

Participaram desta pesquisa dezesseis estudantes do 9º ano do Ensino Fundamental - séries finais de uma Escola Municipal de Ensino Fundamental em Sapucaia do Sul, RS.

A pesquisa ocorreu em seis etapas: 1) Elaboração e confecção do jogo; 2) Apresentação da proposta de atividade para os estudantes; 3) Aplicação do pré-teste para verificar os conhecimentos prévios dos alunos; 4) Realização do jogo com a explicação da matéria; 5) Aplicação do pós-teste; 6) Análise dos conteúdos adquiridos pelos alunos e de sua satisfação em realizar as atividades programadas.

Para a elaboração do material lúdico, foi criado o jogo didático denominado "Jogo das placas da química atmosférica", que possui 8 perguntas de múltipla escolha relacionadas com o conteúdo de Ciências que aborda a química atmosférica, cada uma com 4 alternativas de respostas. As perguntas de múltipla escolha foram criadas baseadas nos trabalhos de Canto (2012), Carnevalle (2012) e Shimabukuro (2010). As placas de respostas foram feitas com papel cartaz e desenhadas letras A, B, C e D em cada uma delas. Os enfeites utilizados para o jogo foram óculos coloridos, tiaras coloridas, plumas e gravatas. A metodologia aplicada foi semelhante a proposta por Almeida *et al.* (2013), que aplicaram o jogo como revisão do conteúdo do sistema esquelético. Nesta proposta o jogo está sendo utilizado para ensinar a matéria de química atmosférica e verificar a sua eficácia.

Aplicação do jogo e regras: 1) Os alunos devem formar grupos de 4 ou 5 integrantes; 2) Cada grupo recebe 4 placas com as alternativas A, B, C e D; 3) O professor lê a pergunta com as 4 alternativas de resposta; 4) A equipe escolhe apenas uma placa como alternativa de resposta certa; 5) O professor dá um sinal para que as equipes mostrem a sua placa com a resposta ao mesmo tempo; 6) Após os alunos mostrarem a placa, o professor diz qual é a resposta certa e reforça a explicação do conteúdo da pergunta, pois o jogo tem caráter explicativo; 7) Cada vez que a equipe acerta uma resposta, um integrante da mesma ganha um enfeite; 8) Ganha o jogo a equipe que tiver mais enfeites.

Os pré-teste e pós-teste eram relacionados à atividade lúdica, com o conteúdo de química atmosférica, com questões abertas (onde os alunos podiam responder livremente) e fechadas. O pós-teste continha também perguntas sobre a avaliação das atividades programadas. Segundo Appolinário (2012) o pré-teste representa a mediação das variáveis dependentes antes da realização da intervenção, ao passo que o pós-teste representa a mediação das mesmas variáveis após a intervenção.

Após a aplicação dos instrumentos, foram realizadas a análise dos conteúdos adquiridos pelos

alunos por meio da comparação entre o pré-teste e o pós-teste. Os dados obtidos foram avaliados com base nas ferramentas da estatística descritiva.

Resultados e discussão

Em relação ao domínio conceitual, com relação à pergunta 1: “Qual o nome da camada atmosférica onde vivemos?”, no pré-teste, respondendo as questões abertas, 43,75 % dos alunos deixaram em branco, 31,25 % disseram que é a camada de ozônio, 12,5 % responderam que é a crosta terrestre e 12,5 % responderam que é a atmosfera. A camada troposférica não foi citada por nem um dos respondentes.

Esta pergunta corresponde à terceira pergunta do jogo das placas, onde as alternativas fornecidas pelas placas foram: A) Mesosfera, B) Troposfera, C) Crosta terrestre e D) Estratosfera.

No pós-teste, apenas 6,25 % dos alunos deixaram em branco, 6,25 % responderam estratosfera, 6,25 % responderam mesosfera, 6,25 % responderam nitrosfera, 18,5 % responderam camada de ozônio e 56,25 % responderam de forma correta se referindo à troposfera. Com base nestes dados, podemos perceber que antes da atividade lúdica nenhum aluno lembrava o nome da camada atmosférica que vivemos e após a atividade, 56,25 % dos alunos sabiam que a camada atmosférica que vivemos é a troposfera (figura 1).

Estes dados corroboram os obtidos por Castro *et al.* (2011), quando comentam que após uma atividade lúdica o número de acertos do pré-teste para o pós-teste subiu significativamente, demonstrando que a atividade lúdica pode auxiliar nos processos de ensino e aprendizagem.

Na segunda pergunta: “Cite uma função da atmosfera?”, no pré-teste, 75 % dos alunos deixaram em branco, 12,5 % responderam que é para proteger a terra dos raios solares, 6,25 % responderam que é para que nós possamos respirar e 6,25 % responderam que é para não deixar o oxigênio sair do planeta e prover a vida na terra. Como podemos observar pelas respostas, alguns dos alunos já sabiam

citar algumas das funções da atmosfera, porém a maioria não soube responder o questionamento. Pode-se perceber a dificuldade dos alunos em dar uma função para a atmosfera, pois a maioria deixou a questão em branco.

Esta questão está relacionada com a questão 4 do jogo, “Das funções abaixo, qual delas não é uma função da atmosfera?”, que apresentava as alternativas: A) Proteção da Terra, B) Absorção da maior parte da radiação cósmica, C) Proteção de todas as formas de vida e D) Refletir a radiação.

No pós-teste, 12,5 % dos alunos deixaram em branco, 18,75 % responderam proteger a terra dos raios solares, 43,75 % dos alunos responderam que é para proteger a terra, 12,5 % dos alunos responderam nos proteger, 6,25 % dos alunos responderam proteger a atmosfera e 6,25 % responderam que é para liberar gases. Houve um significativo aumento na percepção das funções atmosféricas (figura 2). Observa-se, porém, que alguns alunos ainda não assimilaram e contextualizaram o assunto “funções da atmosfera”, por haverem respondido “proteger a atmosfera” e “liberar gases”.

Com relação à pergunta 3, “Quais são os gases que compõem a atmosfera?”, no pré-teste 56,25 % dos alunos deixaram em branco, 6,25 % disseram oxigênio e hidrogênio, 6,25 % oxigênio e ozônio, 6,25 % gás carbônico, gás natural, gás mineral, 6,25 % gás carbônico, 6,25 % oxigênio, 6,25 % oxigênio e gás carbônico e 6,25 % oxigênio, hidrogênio, nitrogênio e gás carbônico. Com base nas respostas dadas pelos alunos, podemos perceber que 43,75 % souberam o nome de algum gás atmosférico.

No jogo, a pergunta relacionada com o tema foi: “Quais dos gases abaixo não fazem parte da atmosfera terrestre?” (pergunta 6). As alternativas apresentadas foram: A) N_2 , B) C_2 , C) O_2 e D) Ar.

No pós-teste, obtivemos 33 respostas dos tipos de gases, onde 30,3 % dos alunos citaram o oxigênio, 27,3 % dos alunos citaram o gás carbônico, 18,2 % dos alunos citaram o nitrogênio, 9,1 % dos alunos citaram o argônio, 9,1 % dos alunos citaram o ozônio, 3 % responderam carbono e 3 % responderam metano (figura 3).

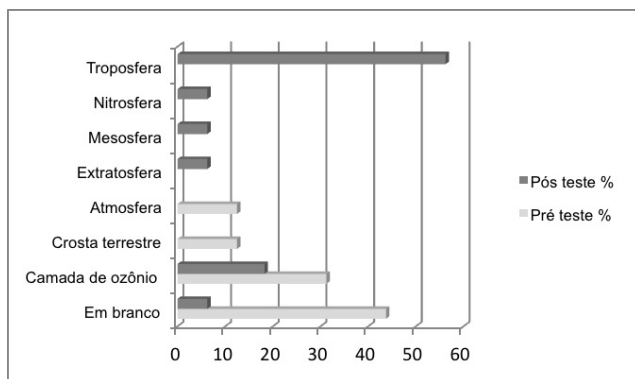


Figura 1. Diferenças entre as respostas dos pré e pós testes para o questionamento: "Qual o nome da camada atmosférica onde vivemos?".

Fonte: elaborado pelos autores.

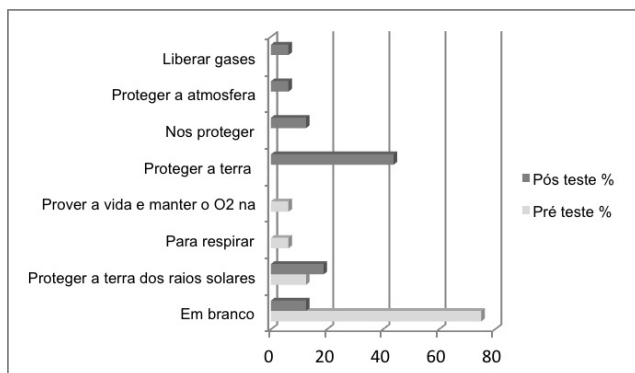


Figura 2. Dificuldades para identificar a função da atmosfera nos pré e pós testes.

Fonte: elaborado pelos autores.

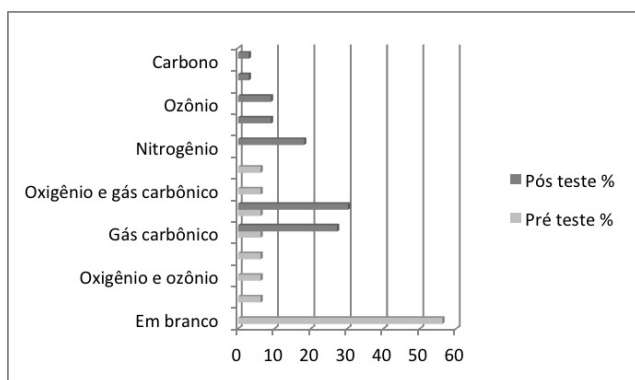


Figura 3. Citações dos alunos, nos pré e pós testes, a respeito dos constituintes do ar.

Fonte: elaborado pelos autores.

Na pergunta 4 do pré-teste, "Qual a função da camada de ozônio?", no pré-teste 56,25 % dos alunos deixaram em branco, 12,5 % disseram que é para impedir que gases ruins entrem na atmosfera, 12,5 % proteger a terra do aquecimento global, 6,25 falaram em proteger a terra contra a poluição e 12,5 % falaram que é para proteger a terra dos raios solares.

Esta pergunta do pré-teste está relacionada com a pergunta 5 do jogo: "Qual a principal função da camada de ozônio?", que disponibilizava nas placas as alternativas: A) Filtrar gases, B) Destruir o O₃, C) Filtrar os raios ultravioletas e D) Aumentar a temperatura.

No pós-teste, 37,5 % deixaram em branco e 62,5 % responderam que era proteger a terra dos raios solares. Ao observar o figura 4, percebe-se que este assunto ainda é um pouco problemático para quase 40 % da turma, indicando a necessidade de metodologias mais adequadas na abordagem deste tema. Estes resultados reforçam o que Pery (2011) comenta em sua dissertação, que o grande número de informações e conceitos a serem memorizados dificulta a abordagem do tema e os processos de ensino e aprendizagem. É este dado que nos motiva a pensar em estratégias que facilitem a abordagem destes conceitos de forma prazerosa e dinâmica por parte do professor.

Com relação à pergunta 5, "O que é efeito estufa?", no pré-teste 75 % dos alunos deixaram em branco, 6,25 % responderam que é a poluição pelo ar e acontece o calor, 12,5 % responderam que é o efeito que é causado quando o calor entra no nosso planeta e não sai e 6,25 % responderam que são os gases destruindo o nosso planeta liberados pelos carros e fábricas.

No pós-teste, 43,75 % dos alunos deixaram em branco, 37,5 % responderam que é o aquecimento do planeta, 6,25 % responderam que é a diminuição do calor e 12,5 % que é a liberação de gases na atmosfera. As respostas indicam que, mesmo após a explanação do tema e a atividade lúdica, a maioria da turma não sabia ou errou a resposta (figura 5). Percebemos aqui uma dificuldade dos alunos em conceituar o efeito estufa, isto pode ocorrer pelo fato da disciplina de Ciências trabalhar com muitos conceitos

e nomes científicos. Indo ao encontro de Pery (2011), a autora comenta que os professores indicam que o grande número de informações e nomes a serem memorizados, dificultam a abordagem do tema.

Com relação à pergunta 6, “Qual o principal gás do efeito estufa?”, no pré-teste 56,25 % deixaram em branco, 12,5 % responderam o gás oxigênio e 31,25 % responderam o gás carbônico. Com base nas respostas, podemos perceber que 31,25 % dos alunos sabiam o nome do principal gás do efeito estufa.

No pós-teste, 42,1 % responderam gás carbônico, 36,8 % responderam gás metano, 5,3 % responderam gás ultravioleta, 5,3 % responderam gás oxigênio e 10,5 % deixaram em branco. Novamente, grande parte da turma respondeu de forma incorreta ao questionamento, indicando inclusive a radiação ultravioleta como um poluente gasoso, o que pode ser observado no figura 6.

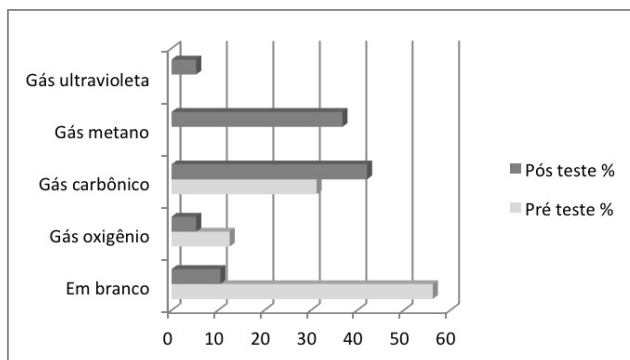


Figura 6. Respostas para o questionamento sobre o principal gás do efeito estufa, observando-se uma diminuição das respostas em branco, mas ainda um número significativo de respostas incorretas.

Fonte: elaborado pelos autores.

O jogo pode ser considerado um material potencialmente significativo, pois se encaixa nas especificações da aprendizagem significativa de Ausubel citadas por Moreira (2006), e possibilitou aos alunos incorporarem de maneira não arbitrária e não literal o conhecimento, ou seja, permitiu que as novas informações fornecidas pelo jogo, fossem relacionadas com os subsunçores dos aprendizes e incorporadas à estrutura cognitiva. Isto ficou evidente quando observamos um aumento no número de respostas corretas no pós-testes após a utilização do jogo.

Os estudantes avaliaram também a atividade lúdica realizada em sala de aula através de um questionário aplicado junto com o pós-teste; as respostas da avaliação se encontram na tabela 1.

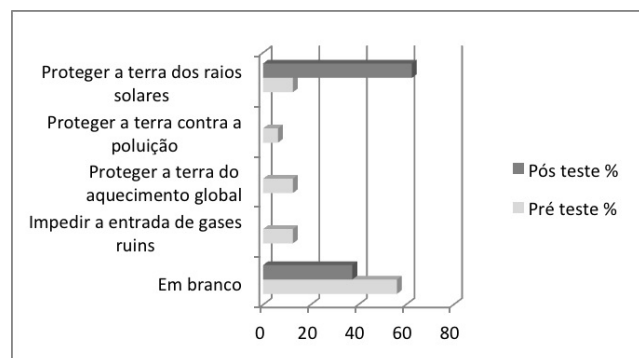


Figura 4. Diferença entre os conhecimentos prévios e os pós atividade lúdica, a respeito das funções da camada de ozônio.

Fonte: elaborado pelos autores.

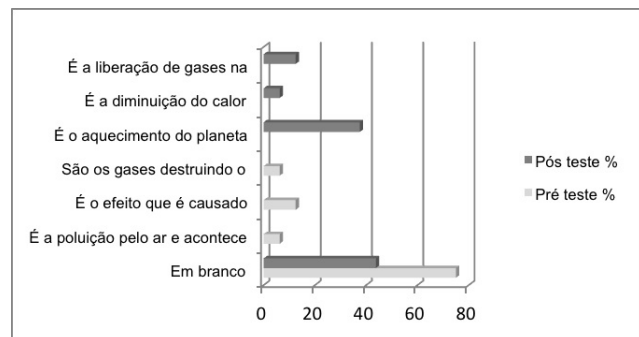


Figura 5. Respostas dos pré e pós testes indicando a necessidade reforço na abordagem metodológica sobre o “tema efeito estufa”.

Fonte: elaborado pelos autores.

Tabela 1. Opiniões dos alunos sobre a atividade lúdica.

Categoria	Subcategoria	Pós-teste	
		n	%
Avaliação do jogo	Bom	1	6,25
	Muito bom	4	25
	Ótimo	11	68,75
O jogo auxilia a aprender melhor a matéria	Sim	13	81,25
	Em branco	2	12,5
	Não	1	6,25
Como o jogo auxilia a aprender melhor a matéria	Ajuda na memória	6	37,5
	Ajuda a prestar atenção	1	6,25
	Aprende se divertindo	6	37,5
	Revisando	1	6,25
	Melhorando o aprendizado	2	12,5

Fonte: elaborada pelos autores.

Os resultados demonstram que o jogo teve uma boa receptividade pelos alunos, uma vez que 93,75 % o consideraram muito bom ou ótimo.

Com relação à pergunta do pós-teste, se o aluno acha que o jogo auxilia na compreensão do conteúdo, 81,25 % dos alunos responderam sim. Da segunda parte da pergunta, "Como o jogo auxilia a aprender melhor a matéria?", emergiram cinco subcategorias: memória, atenção, aprender se divertindo, aprender revisando e melhorando o aprendizado. A partir dessas respostas dos alunos, percebemos que o jogo os auxiliou na aprendizagem de forma lúdica, indo ao encontro com os dados obtidos por Zanon *et al.* (2008) que, através do questionário, perceberam que os alunos gostaram do jogo, aprenderam sobre o tema e foram estimulados pelo jogo.

Através da comparação entre os testes, observamos um aumento significativo de acertos no pós-teste, indicando que o jogo didático pode auxiliar o professor a promover e facilitar o processo de ensino e aprendizagem do conteúdo, ainda que nem todos os alunos tenham alcançado um aprendizado pleno.

Foi possível constatar que a utilização do jogo didático pode ser considerada um recurso de apoio por auxiliar a facilitar a aprendizagem dos alunos, pois proporciona uma troca de saberes em um processo colaborativo e ativo de conhecimento. Kishimoto (1996) relata que deve-se observar que a utilização do jogo potencializa a exploração e a construção do conhecimento, por contar com a motivação interna típica do lúdico. Assim, Ferreira *et al.* (2011) explicam que utilizar jogos didáticos no ensino pode despertar a atenção dos estudantes, estimular seu interesse e promover a compreensão dos conteúdos no ambiente escolar.

O jogo pode ser aplicado na educação, não como um único meio de aprendizagem, mas como uma estratégia para facilitar a aprendizagem, desenvolver no estudante a vontade de aprender, tornando o aprendizado prazeroso, principalmente em temáticas de difícil compreensão (Breda e Picanço, 2011).

Grando (2004) relata que durante o jogo muitas vezes os adversários ajudam-se durante as jogadas, esclarecendo regras e, minimizando a competição, onde o objetivo se torna a socialização do conhecimento do jogo.

No presente trabalho, o jogo das placas auxiliou no processo de aprendizagem dos alunos e aumentou seu interesse pelo conteúdo ministrado, indo ao encontro do ponderado por Correa e Araujo (2011), para as quais a aplicação do jogo como um recurso didático se constitui em uma alternativa pedagógica bastante adequada, porque os alunos se mostraram mais interessados e dispostos a aprender.

Considerações finais

O objetivo desta pesquisa foi refletir como o uso de um jogo didático pode auxiliar no processo de ensino e aprendizagem de Ciências, no conteúdo de química atmosférica, do 9º ano do Ensino Fundamental. Pretendemos ainda verificar a opinião dos estudantes com relação à atividade. Assim, observamos que o jogo didático pode apresentar importantes contribuições para o processo de ensino e aprendizagem pois, a partir da realização da atividade, foram obtidos resultados significativos, como o aumento na apreensão do conteúdo. Foi também avaliada a opinião dos estudantes com relação à atividade, que demonstraram satisfação em realizá-las.

Pressupondo que não existem ferramentas isoladas que possam suprir todas as dificuldades dos estudantes, o que sugerimos é que os professores busquem alternativas para proporcionar experiências de aprendizagem que sejam mais motivadoras, contemporâneas e eficientes para os alunos.

Para estudos futuros pretendemos desenvolver mais jogos didáticos abordando diferentes conteúdos, melhorá-los corrigindo seus pontos fracos e divulgá-los no sentido de tornar as aulas mais interessantes e contribuir para o processo de ensino e aprendizagem em diferentes temáticas.

Referencias

- ALMEIDA, C. M. M.; LOPES, P. T. C.; DAL-FARRA, R. A. O lúdico como prática pedagógica no ensino de ciências: jogo didático sobre o sistema esquelético. In: **Anais do IX ENPEC**, Águas de Lindóia- SP. pp.1-12. 2013. Disponível em: <http://www.nutes.ufrj.br/abrapec/ixenpec/atas/resumos/R0443-3.pdf>. Acesso: 27/04/2014.
- ALMEIDA, C.M.M.; LOPES, P.T.C. Prática pedagógica lúdica no ensino fundamental: jogo didático sobre o sistema esquelético. **EFDeportes.com, Revista Digital**. Buenos Aires, Ano 18, n.º 190, 2014. Disponível em: <http://www.efdeportes.com/>. Acessado em: 21/05/2014.
- ALVES, V. C. **O Lúdico no Processo de Ensino-aprendizagem de Ciências Naturais no 8º ano**. 2011, 24 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Licenciatura em Biologia). Universidade de Brasília, Brasília, 2011.
- APPOLINÁRIO, F. **Metodologia da ciência: filosofia e prática da pesquisa**. 2ª ed. São Paulo: Cengage Learning, 2012.
- BREDA, T. V., PICANÇO, J. L. Jogo de tabuleiro "Conhecendo o Parque Ecológico" como recurso lúdico e educacional em Geociências. In: **Anais do VIII ENPEC**. pp. 1-10. 2011. Disponível em: <http://www.nutes.ufrj.br/abrapec/viiienpec/resumos/R0037-1.pdf>. Acesso:31/03/2014.
- CABRERA, W. B.; SALVI, R. A Ludicidade no Ensino Médio: Aspirações de Pesquisa numa perspectiva construtivista. In: **Anais do V ENPEC**. Bauru, 2005.
- CAMPOS, L. M. L.; BORTOLOTO, T. M.; FELICIO, A. K. C. A produção de jogos didáticos para o ensino de Ciências e Biologia: uma proposta para favorecer a aprendizagem. **Caderno dos Núcleos de Ensino**, pp. 35-48, 2003.
- CAMPBELL, D.T.; STANLEY, J.C. **Delineamentos experimentais e quase-experimentais de pesquisa**. Tradução de R.A.T. Di Dio. São Paulo: EPU-EDUSP, 1979.
- CANTO, E.L. **Ciências Naturais: aprendendo com o cotidiano – 6º ano**. 4ª ed. Ed. Moderna. São Paulo: Brasil, 2012.
- CARNEVALLE, M. R. (2012). **Jornadas.cie – Ciências – 8º ano**. 2. ed., Ed. Saraiva. São Paulo: Brasil.
- CASTRO, B.J.; COSTA, P.C.F.; SACHS, L.G.; TAGLIATELA, F.P.; LEVIN, T.G. As TIC e o lúdico no Ensino de Química: potencialidades de um jogo educacional virtual – In: Anais do 3º CONGRESSO INTERNACIONAL DE EDUCAÇÃO, Ponta Grossa, Paraná, 2011. Disponível em: www.isapg.com.br/2011/ciepg/download.php?id=110. Acesso: 21/05/2014.
- CORREIA, I. S. C; ARAUJO, M. I. O. Utilização do jogo didático no ensino de ciências: uma proposta para favorecer a aprendizagem. V Colóquio Internacional "Educação e Contemporaneidade". São Cristóvão, SE. 2011.
- FERREIRA, J. M. et al. Elaboração de jogos didáticos no PIBID em dupla perspectiva: formação docente e ensino de Física. In: Anais do VIII ENPEC. pp.1-12. 2011. Disponível em: <http://www.nutes.ufrj.br/abrapec/viiienpec/resumos/R0624-2.pdf>. Acesso: 20/05/2014.
- FREITAS, E; SALVI, R. A. Ludicidade no ensino de geografia: perspectiva para uma aprendizagem significativa. In: Anais do II ENCONTRO NACIONAL DE APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA. Canela, 2008. Disponível em: <http://www.ioc.fiocruz.br/eiasenas2010/atas-2.ENAS.pdf>. Acesso:20/05/2014.
- GRANDO, R.C. **O jogo e a matemática no contexto da sala de aula**. Ed.Paulus. São Paulo: Brasil, 2004.
- HUIZINGA, J. **Homo Ludens: o jogo com elemento da cultura**. 5 ed. 3º reimpressão, Ed. Perspectiva. São Paulo: Brasil, 2008.
- KISHIMOTO, T. M. Jogo, brinquedo, brincadeira e a educação. Ed. Cortez, São Paulo: Brasil, 1996.
- KISHIMOTO, T. M. **O Jogo e a Educação Infantil**. Ed. Pioneira. São Paulo: Brasil, 1998.
- MATOS, S.A. - **Jogo dos quatis: uma proposta de uso do jogo no ensino de ecologia**. 101p. Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-graduação em Ensino de Ciências e Matemática da Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2008.

- MOREIRA, M. A. Pesquisa em ensino: aspectos metodológicos. **Actas del PIDEDEC: Programa internacional de Doctorado en Enseñanza de las Ciencias**, v. 5, p. 101-136, 2003.
- MOREIRA, M. A. Teorias de Aprendizagem. São Paulo: Editora Pedagógica e Universitária LTDA, 2006.
- MOREIRA, M. A. Al final qué es aprendizaje significativo? **Revista Currículum, La Laguna**, v. 25, p.29-56, 2012.
- MOREIRA, M. A. Aprendizagem significativa em mapas conceituais. **Textos de apoio ao professor de física**, do PPGEnFis/IF-UFRGS, v. 24, n. 6, p. 1-49, 2013.
- PERY, L. C. **O Lúdico na Lousa Digital: uma abordagem interativa no ensino de ciências nas séries iniciais do Ensino Fundamental**. 157 p. Dissertação de Mestrado, Mestrado Profissional em Ensino de Ciências - Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio de Janeiro. Nilópolis, 2011.
- RIBEIRO, B. N. M; ALENCAR CARVALHO, C. V. A Proposal of Potentially Meaningful Material for Teaching of Vector Mechanics. **Creative Education**, v. 5, n. 22, p. 1929-1935, 2014.
- SANTANA, E. M. A Influência de atividades lúdicas na aprendizagem de conceitos químicos. In: SENEPTE, 2008, Belo Horizonte. Anais. São Paulo: Universidade de São Paulo, Instituto de Física - Programa de Pós-Graduação, 2008.
- SHIMABUKURO, V. **Projeto Araribá: ciências – 6º ano**. 3ª ed. Ed. Moderna. São Paulo: Brasil, 2010.
- ZANON, D. A. V.; DA SILVA GUERREIRO, M. A.; DE OLIVEIRA, R.C. Jogo didático Ludo Químico para o ensino de nomenclatura dos compostos orgânicos: projeto, produção, aplicação e avaliação. **Ciências e Cognição/Science and Cognition**, v. 13, n. 1, p.72-81, 2008.

Anexo

Perguntas jogo das placas química atmosférica

1- ¿Qual dos gases abaixo existe em maior concentração na atmosfera terrestre?

- A – Nitrogênio
- B – Oxigênio
- C – Gás carbônico
- D – Argônio

2- Não é um componente químico poluidor:

- A – Dióxido de enxofre,
- B – Dióxido de carbono
- C – Metano
- D – Nitrogênio

3- ¿Qual o nome da camada atmosférica onde vivemos?

- A – Mesosfera
- B – Troposfera
- C – Crosta terrestre
- D – Estratosfera

4- ¿Das funções abaixo, qual delas não é uma função da atmosfera?

- A - Proteção da Terra
- B - Absorção da maior parte da radiação cósmica
- C - Proteção de todas as formas de vida
- D - Refletir a radiação

5- ¿Qual a principal função da camada de ozônio?

- A - Filtrar gases
- B - Destruir o O_3
- C - Filtrar os raios ultravioletas
- D – Aumentar a temperatura

6- ¿Quais dos gases abaixo não fazem parte da atmosfera terrestre?

- A – N_2
- B – C_2
- C – O_2
- D – Ar

7- ¿O que é efeito estufa?

- A – Retenção pela atmosfera de radiação (percebida como calor) emitida pela superfície terrestre, impedindo-a de ser liberada para o espaço
- B – Retenção de calor na estratosfera,
- C – Diminuição do calor na atmosfera e
- D – Aumento da concentração de O_3 na atmosfera

8- ¿Qual o principal gás do efeito estufa?

- A – Gás carbônico,
- B – Gás metano,
- C – Ozônio
- D – Gás oxigênio

Descrição do jogo

Confecção do jogo

Elaboração 8 perguntas de múltipla escolha relacionadas com o conteúdo de Ciências que aborda a química atmosférica, cada uma com 4 alternativas de respostas. As perguntas de múltipla escolha foram criadas baseadas nos trabalhos de Canto (2012), Carnevalle (2012) e Shimabukuro (2010).

As placas de respostas foram feitas com papel cartaz e desenhadas letras A, B, C e D em cada uma delas. Os enfeites utilizados para o jogo foram óculos coloridos, tiaras coloridas, plumas e gravatas.

Regras do jogo:

- Os alunos devem formar grupos de 4 ou 5 integrantes;
- Cada grupo recebe 4 placas com as alternativas A, B, C e D
- O professor lê a pergunta com as 4 alternativas de resposta e a equipe escolhe apenas uma placa como alternativa de resposta certa;
- O professor dá um sinal para que as equipes mostrem a sua placa com a resposta ao mesmo tempo;
- Após os alunos mostrarem a placa, o professor diz qual é a resposta certa e reforça a explicação do conteúdo da pergunta, pois o jogo tem caráter explicativo;
- Cada vez que a equipe acerta uma resposta, um integrante da mesma ganha um enfeite;
- Ganha o jogo a equipe que tiver mais enfeites.

Estruturação e fundamentação

Ribeiro e Alencar Carvalho (2014) comentam que o uso de recursos estáticos como aulas teóricas e os meios de comunicação tradicionais, na maioria das vezes, não permite um ensino satisfatório e a aprendizagem do conteúdo. Assim, é necessário que os professores criem estratégias que façam com que os alunos desempenhem um papel ativo nas atividades realizadas favorecendo a aprendizagem significativa dos conteúdos. Neste sentido o jogo foi criado para tornar as aulas de Ciências mais divertidas, prazerosas e interessantes para os alunos e facilitar a aprendizagem significativa dos conteúdos.

Segundo Moreira (2006; 2012; 2013) a apresentação de novas informações, inclusive utilizando recursos lúdicos, pode viabilizar a aprendizagem significativa. Neste contexto, relacionar o conteúdo com aspectos conhecidos pelos estudantes, utilizar linguagem apropriada à faixa etária e selecionar materiais potencialmente significativos representam condições a serem viabilizadas na ação docente. Além dessas, cabe ressaltar a importância da predisposição para aprender e a existência de conhecimentos prévios como condições para aprendizagem significativa.





CONCEPÇÕES DE UM GRUPO DE PROFESSORES DE ANOS INICIAIS ACERCA DOS CONCEITOS BÁSICOS DA ASTRONOMIA

Conceptions of a group of teachers of early school years about basic astronomy concepts

Luiz Marcelo Darroz¹ Cleci Teresinha Werner da Rosa² Catieli Delazeri de Grandis³

Para citar como este artículo: Darroz, L. M., da Rosa C. T. W., de Grandis, C. D. (2016). Concepções de um grupo de professores de anos iniciais acerca dos conceitos básicos da astronomia. *Góndola, Enseñ Aprend Cienc*, 11(2), 240-255. doi: 10.14483/udistrital.jour.gdla.2016.v11n2.a6.

Recibido: 21 de enero 2016 / Aceptado: 23 de agosto de 2016

Resumo

A Astronomia, uma das ciências mais antigas do mundo, que no decorrer de seu avanço auxiliou os seres humanos a compreenderem o universo que os cerca, além de proporcionar um vasto rol de conhecimentos na área, ainda parece estar restrita a um pequeno grupo de indivíduos. Atualmente, porém, tendo em vista a recomendação dos Parâmetros Curriculares Nacionais, os seus conceitos passaram a fazer parte dos conteúdos de Ciências dos primeiros anos do ensino fundamental. Diante disso, surge o seguinte questionamento: será que os professores da educação básica estão capacitados e se sentem preparados para trabalhar com assuntos relacionados à Astronomia nos anos iniciais do ensino fundamental? Na tentativa de responder a esse problema, realizou-se uma pesquisa com um grupo de professores de anos iniciais do ensino fundamental do sistema público municipal de Soledade, RS, aos quais foi aplicado um questionário contendo questões dissertativas e objetivas de múltipla escolha, bem como solicitando a elaboração de ilustrações de fenômenos astronômicos, a fim de conhecer a sua compreensão sobre os conceitos básicos de Astronomia. Os resultados obtidos indicam que parte dos professores apresenta-se insegura com relação a esse tema, especialmente para abordá-lo no contexto escolar, demonstrando, ao mesmo tempo, dominar completamente alguns conceitos da área, enquanto outros docentes evidenciam ter compreensões equivocadas acerca de determinados tópicos.

Palavras chaves: Astronomia. Concepções de professores. Ensino de Ciências.

1. Doutor em Educação em Ciências – Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS), mestre em Ensino de Física – UFRGS, especialista em Física – Universidade de Passo Fundo (UPF), licenciado em Matemática – UPF, licenciado em Física – (Universidade Federal de Santa Maria (UFSM). Universidade de Passo Fundo. Correo electronico: ldarroz@upf.br
2. Doutora em Educação Científica – Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC). Universidade de Passo Fundo. Correo electronico: cwerner@upf.br
3. Graduanda em Física – Universidade de Passo Fundo. Correo electronico: 80812@upf.br

Abstract

Astronomy is one of the most ancient sciences in the world and its development helped human beings to understand the universe around them, providing a wide list of knowledge in the field; however, it still seems to be restricted to a small group of individuals. Currently, considering the recommendation of the Brazilian National Curriculum Standards, Astronomy concepts became part of Science studies in the first years of elementary school. Therefore, the following question arises: are elementary school teachers trained and do they feel prepared to work with subjects related to Astronomy in the early years of elementary school? In an attempt to answer this question, a survey was applied to a group of teachers of early years of elementary school of the municipal system of Soledade, RS, Brazil. A questionnaire was applied including essay questions and multiple choice questions, as well as illustrations of astronomical phenomena, seeking to understand basic Astronomy concepts. The results obtained indicate that part of the teachers have an uncertain relationship with the subject, especially when addressing it in the school environment, and show, at the same time, to completely dominate some of the concepts in the field, while other teachers prove to be mistaken about certain topics.

Keywords: Astronomy. Conceptions of teachers. Science teaching.

Introdução

Desde os tempos antigos, os homens têm se interessado pelo estudo dos astros. De acordo com Oliveira Filho, K. S. e Saraiva, M. F. O. (2000), inicialmente, esse interesse tinha objetivos práticos, pois visava auxiliar a espécie humana a prever efeitos cíclicos dos quais dependia sua sobrevivência, como, por exemplo, o estabelecimento da melhor época para o plantio e a colheita (apud Darroz, L. M.; Heineck, R.; Peres, S., 2012). No entanto, com o passar dos anos, o estudo relacionado com a Astronomia sofreu uma forte mudança em seus métodos, deixando de ter apenas o aspecto de ciência da observação e assumindo, também, o de ciência experimental. O avanço, de acordo com Nogueira, S. e Canalle, J. B. G (2009), proporcionou um vasto rol de conhecimentos na área e em diferentes áreas do conhecimento.

Na busca da compreensão dos fenômenos astronômicos no território brasileiro, as pesquisas têm relatado que o estudo nesse campo vem desde o período anterior ao da colonização do país. Os diferentes povos indígenas que aqui viviam já faziam uso de muitos conceitos hoje conhecidos (Afonso, G. B., 2009). Outras pesquisas, como a de Barretto (2001 apud Langhi, R., 2004), demonstram que povos pré-históricos que habitavam os estados do norte do país buscavam explicar, por meio de gravuras, a passagem de cometas e meteoros e davam sua própria interpretação para os fenômenos astronômicos, transmitindo o evento pela tradição oral, através de seus mitos ou dos registros rupestres. Isso demonstra que naquela época o ensino da Astronomia apresentava caráter místico.

A partir da chegada dos jesuítas, durante o período de colonização, o país passou por grandes mudanças na forma de ensino. A Astronomia, mesmo

não fazendo parte de uma disciplina específica, era ensinada por alguns professores conhecedores da área, pois os portugueses viam nessa ciência uma alternativa de manter o controle territorial e auxiliar nas navegações (Bretones, P. S., 1999). Contudo, o aspecto central relativo à discussão dos fenômenos astronômicos estava em abordá-los de modo a instruir os alunos das escolas militares com informações e conhecimentos sobre o universo (Moraes, A. 1984 apud Langhi, R., 2004).

Em termos educacionais no Brasil, desde o período dos jesuítas até os dias atuais, muito se evoluiu, especialmente, em termos da inserção e da obrigatoriedade da discussão dos conhecimentos em Astronomia na educação básica. De conteúdos com objetivos meramente informativos, a Astronomia foi, gradativamente, sendo instituída nos currículos como parte integrante do corpo de conhecimentos, seja das ciências sociais, seja das ciências naturais. Nos anos iniciais da educação básica, objeto de interesse do presente estudo, pode-se datar o advento da implantação da Lei de Diretrizes e Bases (LDB) de 1996 como o momento em que ela passou a constituir objeto de estudo nesse nível de escolarização. A LDB e os Parâmetros Curriculares Nacionais (PCNs) de 1997 são, em termos da legislação brasileira, a mostra clara da importância de que esses conteúdos sejam abordados desde os primeiros anos do ensino fundamental, conforme ressaltado nos próprios PCNs:

Mostrar a Ciência como um conhecimento que colabora para a compreensão do mundo e suas transformações, para reconhecer o homem como parte do universo e como indivíduo, é a meta que se propõe para o ensino da área na escola fundamental.

É importante que se supere a postura “cientificista” que levou durante muito tempo a considerar-se ensino de Ciências como sinônimo da descrição de seu instrumental teórico ou experimental, divorciado da reflexão sobre o significado ético dos conteúdos desenvolvidos no interior da Ciência e suas relações com o mundo do trabalho.

Durante os últimos séculos, o ser humano foi considerado o centro do Universo. O homem acreditou que a natureza estava à sua disposição. Apropriou-se de seus processos, alterou seus ciclos, redefiniu seus espaços. Hoje, quando se depara com uma crise ambiental que coloca em risco a vida do planeta, inclusive a humana, o ensino de Ciências Naturais pode contribuir para uma reconstrução da relação homem-natureza em outros termos.

Esse processo tem início na astronomia, por meio dos trabalhos de Copérnico, Kepler e Galileu (séculos XVI e XVII), que, de posse de dados mais precisos obtidos pelo aperfeiçoamento das técnicas, reinterpretam as observações celestes e propõem o modelo heliocêntrico, que desloca definitivamente a Terra do centro do Universo. (Brasil, 1997)

Ao se considerar que os estudantes dos primeiros anos do ensino fundamental apresentam grande interesse e inquietações sobre os assuntos relacionados à Astronomia, é importante que os estudos dessa etapa da educação básica sejam capazes de fornecer respostas adequadas aos anseios desse grupo de sujeitos, estimulando-os para aprofundamentos posteriores em tais conteúdos.

Diante de toda a importância evidenciada na legislação, a abordagem desse conteúdo de forma efetiva no ambiente escolar ocorrerá pela ação do professor. E isso, como mencionam Langhi, R. e Nardi, R. (2005), somente será efetivado se ele dominar o conteúdo que ensina, o que depende da presença desses conteúdos na sua formação docente.

Contudo, Darroz, L. M. e Santos, F. M. (2012) chamam a atenção para o fato de que os professores dos primeiros anos do ensino fundamental apresentam formação deficiente nas áreas relacionadas às ciências. Continuam os autores ressaltando que essa deficiência pode ocorrer por vários motivos. Dentre eles, os autores destacam:

A organização curricular dos cursos de formação de professores, que divide a carga horária do curso em horas de formação geral, formação pedagógica e práticas curriculares. Parece ser necessária uma melhor

racionalização na carga horária do currículo, com o objetivo de equilibrar a formação específica (metodologia e prática) e a formação geral (conhecimentos específicos). Também parece ser imprescindível que essa aprendizagem seja organizada estrategicamente, a fim de que o futuro professor evidencie as conexões entre os conteúdos e sua prática. (Darroz, L. M.; Santos, F. M., 2012, p. 2)

O exposto, especialmente a importância dada à figura do professor como responsável pela presença dos conteúdos de Astronomia nos anos iniciais, remete à seguinte indagação, a qual se busca responder no presente estudo: ¿os professores dos anos iniciais apresentam lacunas conceituais em relação ao tema Astronomia de modo a que terem dificuldades para abordar esses tópicos nesse nível de escolarização? Isto é, o objetivo principal do estudo é investigar um grupo de professores que ministram aulas nos anos iniciais e analisar as possíveis dificuldades conceituais apresentadas por eles na Astronomia, investigando as razões e implicações disso.

Para tanto, a pesquisa se ocupará de investigar um grupo de professores de anos iniciais do ensino fundamental das escolas públicas municipais de uma cidade localizada no interior do Rio Grande do Sul. O foco central está em desenvolver uma pesquisa de natureza qualitativa que permita investigar como esses docentes compreendem os conhecimentos relacionados à Astronomia, quais as suas fontes de estudo e como preparam suas aulas relacionadas aos assuntos astronômicos.

Revisão de literatura

As pesquisas já realizadas sobre os docentes que atuam nos anos iniciais da educação básica servem para subsidiar análises e reflexões sobre como a ciência está sendo desenvolvida nas escolas brasileiras. Nesse sentido, e na tentativa de contextualizar a pesquisa, buscaram-se na literatura trabalhos que possam tratar de assuntos relacionados com a astronomia, abordados nos primeiros anos da

educação básica e da formação dos docentes dessa etapa de ensino.

Inicialmente, menciona-se o estudo de Soler, D. R. e Leite, C. (2012), segundo os quais a Astronomia é um assunto capaz de despertar sentimentos e inquietações, ampliando a visão de mundo e a conscientização, além de ser potencializador da interdisciplinaridade. Darroz, L. M. e Santos, F. M. (2012), por sua vez, salientam a importância da inserção de tópicos de Astronomia nos cursos de formação, para que os professores tenham melhor domínio e uma maior tranquilidade no momento de trabalhar com esses conteúdos nas suas aulas. Alho, K. R., Oliveira, E. A. G. e Santos, R. M. O. (2013), corroborando Darroz, L. M. e Santos, F. M. (2012), realizaram uma pesquisa em documentos e periódicos que regem o estudo de Astronomia nos anos iniciais, constatando que a falta de preparo dos docentes desses anos tem origem no seu processo de formação. De acordo com os autores, essa deficiência leva a que os professores tenham uma maior dificuldade em achar o melhor momento para começar a trabalhar conteúdos relacionados à Astronomia. Nas palavras do autor,

A evolução gradual da aprendizagem deve obrigatoriamente respeitar as fases de cognição dos alunos. Portanto, determinados assuntos não podem ser assimilados simplesmente porque não são compatíveis com a capacidade (no estágio de compreensão) dos alunos. Um exemplo em ciências naturais: o sistema solar e o heliocentrismo. Rotações de planetas (da Terra inclusive) em torno do Sol só são compreensíveis para alunos que estejam no final da 4ª série, mesmo assim nem para todos. Entretanto, muitos professores insistem em trabalhar o assunto no início da 3ª série ou mesmo na 2ª, obrigando os alunos a memorizarem “ensinamentos” que em nada contribuem para desenvolver atitudes e formar conceitos (Delizoicov, 1990 apud Alho, K. R.; Oliveira, E. A. G.; Santos, R. M. O., 2013, p. 92).

No mesmo âmbito, Gonzatti, S. E. M. *et al.* (2013) apresentam, num estudo realizado no interior e na

região metropolitana do Rio Grande do Sul, um detalhamento das dificuldades e do que é trabalhado nas escolas de educação básica em relação à Astronomia. Nesse trabalho, os autores concluem que muitos conteúdos que deveriam ser estudados estão sendo menosprezados pelos professores, ao passo que outros assuntos são trazidos apenas como curiosidades. Gonzatti, S. E. M. *et al.* (2013) também evidenciam que, em razão da falta de formação na área, os professores evitam trabalhar a observação do céu e enfrentam dificuldades no momento de trabalhar com Astronomia, pois alguns têm poucos conhecimentos para poderem argumentar mais sobre a ciência.

Outro fator relativo às lacunas na formação dos docentes da educação básica foi abordado por Bartelmebs, R. C. (2012), a qual salienta que a responsabilidade no ensino da Astronomia acaba sendo distribuída entre as diferentes disciplinas do ensino fundamental. Os docentes participantes da pesquisa demonstram ter conhecimento do interesse que essa ciência desperta nos alunos, porém, muitos deles trazem consigo equívocos em relação a alguns fenômenos desde sua própria formação acadêmica. Porém, a autora salienta que deve ser levado em conta que o trabalho em sala de aula com conteúdos de Astronomia pode ser muito rico e significativo, pois essa ciência permite relações com as mais variadas disciplinas do currículo escolar, podendo despertar o interesse pela pesquisa e pelo saber. Bartelmebs também comenta os equívocos encontrados nos livros didáticos, que, muitas vezes, é a única ferramenta para a construção do conhecimento dentro da sala de aula.

Tais elementos são igualmente elencados por Puzzo, D. (2005), num estudo que buscou identificar como se desenvolvem as aulas com conteúdos de Astronomia na 5ª série do ensino fundamental de algumas escolas públicas da cidade de Londrina, no estado do Paraná. Tal pesquisa teve como foco os vários aspectos da aula quanto a conteúdo, metodologias, atividades, envolvimento e concepções das crianças em relação ao domínio de conteúdo, dificuldades e facilidades do professor no

desenvolvimento do assunto. O autor conclui que os professores enfrentam muitos obstáculos quando o assunto é Astronomia, em relação ao conteúdo, ao planejamento, às estratégias de ensino e ao conhecimento dos fenômenos relacionados com o tópico.

Nessa mesma perspectiva, Ubinski, J. A. S., Becker, W. R. e Strieder, D. M. (2011), pesquisando a dificuldade em ensinar conceitos astronômicos para estudantes dos primeiros anos da educação básica, realizaram um trabalho junto a acadêmicos de um curso de Pedagogia e concluíram que existe uma grande dificuldade em encontrar docentes com habilidades para ministrar aulas de Astronomia. Também identificaram erros conceituais nos materiais didáticos usados para assessorar o professor na hora de preparar suas aulas. Por fim, ressaltam que o tema deveria ser melhor distribuído na carga horária das escolas nos anos iniciais do ensino fundamental, de modo que o conceito de Astronomia pudesse ser incluído em disciplinas como Português e Matemática.

Essa posição é reforçada por Langhi, R. e Nardi, R. (2005). Ao realizarem uma pesquisa com entrevistas semiestruturadas, os autores evidenciam que as dificuldades que os professores apresentam estão relacionadas com erros contidos nos livros didáticos e com a falta de infraestrutura e de materiais adequados para ministrarem os conteúdos de uma forma mais atrativa e correta.

Analisando esses estudos, percebe-se a relevância dos conceitos astronômicos para a sociedade, assim como sua contribuição para o desenvolvimento tecnológico e científico, além do grande potencial para estabelecer ligações entre as diferentes áreas do saber. Partindo dessas premissas, passa-se a analisar um grupo de professores, buscando investigar a presença de lacunas conceituais e entender de que modo os docentes procuram suprir tais deficiências.

Metodologia

A pesquisa, caracterizada como qualitativa, foi desenvolvida no início do segundo semestre de 2015, no município de Soledade, localizado no interior

do estado do Rio Grande do Sul. Soledade apresenta uma população de aproximadamente 31 mil habitantes (IBGE, 2015), e seu sistema educacional municipal compõe-se de 18 escolas, sendo 14 de ensino fundamental. Dessas 14 escolas, das quais fazem parte o grupo de participantes deste estudo, seis estão situadas na zona urbana e oito na zona rural, atendendo cerca de 1.300 alunos no ensino fundamental. A amostra da pesquisa foi formada por 34 professores dos primeiros anos do ensino fundamental, os quais compreendem uma faixa etária entre 22 e 52 anos, sendo aproximadamente 3 % do sexo masculino e 97 % do sexo feminino.

O instrumento empregado na coleta de dados é uma adaptação do questionário utilizado no trabalho de Darroz, L. M. *et al.* (2014) e abrange

duas categorias: a formação de professores e a atuação docente. Esse instrumento permite investigar se, durante o período de estudo, de graduação, foram abordados conceitos relacionados com a Astronomia, bem como se os professores participantes trabalham conceitos dessa ciência em sala de aula, além das fontes que consultam para a elaboração de suas aulas. Na sequência, o questionário possibilita compreender os conhecimentos específicos que os professores têm sobre a Astronomia, por meio de algumas questões, divididas em duas categorias: questões de múltipla escolha e questões que solicitam aos entrevistados a realização de ilustrações de astros e de alguns fenômenos astronômicos. O quadro 1 apresenta o questionário aplicado.

Quadro 1. Questionário aplicado para coleta de dados.

Quanto à sua formação.

1. Qual é sua formação de nível médio?.....
2. Possui graduação em nível superior? Em caso afirmativo, especifique o curso:
3. Possui título de especialista, mestre ou doutor? Em caso afirmativo, especifique o título e o curso

Quanto à sua atuação docente.

4. Em qual ano do ensino fundamental/dos anos iniciais você atua? E há quanto tempo você ministra aulas nesse nível de ensino?
5. Você ministra aulas que abordem conceitos de Astronomia? Em caso afirmativo, você se sente seguro ao abordá-los durante sua ação docente?.....
6. Durante sua formação, foram trabalhados conceitos relacionados com a Astronomia? Em caso afirmativo, diga com que profundidade.....
7. Que fontes de informação você usa para elaborar suas aulas que abordam conhecimentos de Astronomia?.....

Quanto aos seus conhecimentos sobre Astronomia básica.

8. A teoria científica mais aceita para a explicação do surgimento do Universo é:
 - a) a versão bíblica do livro do Gêneses.
 - b) a do Big Bang.
 - c) a do estado estacionário.
 - d) a da unificação das galáxias.

9. O que é uma estrela?

- a) Estrela é uma esfera de plasma grande e luminosa.
- b) Estrela é uma esfera de plasma grande que não tem luz própria.
- c) Estrelas são corpos que refletem a luz do Sol.
- d) Estrelas são satélites naturais dos planetas terrestres.

10. Uma estrela “nasce” (se forma):

- a) no centro do Universo.
- b) numa região do Universo com temperatura elevada.
- c) em qualquer lugar do espaço que possua energia.
- d) no interior de uma nebulosa.

11. O fim de uma estrela depende:

- a) da posição que ocupa no espaço.
- b) da sua composição química.
- c) de sua massa.
- d) da sua temperatura.

12. Constelação é:

- a) um agrupamento de estrelas próximas.
- b) um agrupamento de estrelas de mesmo tamanho.
- c) um agrupamento de estrelas de mesma galáxia.
- d) um agrupamento aparente de estrelas.

13. O Sol é:

- a) um asteroide.
- b) um planeta.
- c) uma galáxia.
- d) uma estrela.

14. Uma estrela cadente é:

- a) uma pequena estrela que vem na direção da Terra.
- b) um planeta joviano.
- c) um meteoro causado pela queima de um asteroide que está em atrito com a atmosfera da Terra.
- d) um cometa que vai ao encontro da Terra.

15. A Lua é:

- a) o único satélite natural do Sistema Solar.
- b) o corpo celeste luminoso mais próximo da Terra.
- c) o maior satélite natural do Sistema Solar.
- d) o corpo celeste mais próximo da Terra.

16. O Sistema Solar é constituído:

- a) pelo Sol e pelos oito planetas.
- b) pelo Sol, pelos oito planetas com suas luas e anéis, além dos planetas-anões, asteroides e cometas.
- c) pelo Sol, pela Terra e pela Lua.
- d) pelas estrelas, pelo Sol, pela Terra, pelos planetas e pela Lua.

17. A ordem crescente de distância dos planetas do Sistema Solar ao Sol é:

- a) Mercúrio, Vênus, Terra, Marte, Júpiter, Saturno, Urano, Netuno e Plutão.
- b) Mercúrio, Terra, Vênus, Marte, Júpiter, Saturno, Urano e Netuno.
- c) Mercúrio, Vênus, Terra, Marte, Júpiter, Saturno, Urano e Netuno.
- d) Mercúrio, Vênus, Marte, Terra, Júpiter, Saturno, Urano e Netuno.

18. Os planetas terrestres do Sistema Solar são:

- a) Terra, Marte, Saturno e Júpiter.
- b) Mercúrio, Vênus, Terra e Saturno.
- c) Mercúrio, Terra, Marte e Netuno.
- d) Mercúrio, Vênus, Terra e Marte.

19. O maior planeta do Sistema Solar é:

- a) a Terra.
- b) Júpiter.
- c) Saturno.
- d) Urano.

20. A partir de 2006, Plutão passou a ser considerado planeta-anão por:

- a) ser muito pequeno.
- b) estar muito longe do Sol.
- c) não ter a forma esférica.
- d) não conseguir "limpar" as vizinhanças de sua órbita.

21. As fases da Lua são:

- a) nova e cheia.
- b) nova, crescente, cheia e minguante.
- c) crescente e minguante.
- d) os diferentes aspectos com que o astro se apresenta para um observador terrestre ao ser iluminado pelos raios solares.

22. As fases da Lua devem-se:

- a) à projeção da sombra da Terra na superfície lunar.
- b) ao fato de o astro possuir uma face clara e outra escura.
- c) às diferentes posições ocupadas pela Lua em relação ao Sol e à Terra, à medida que orbita ao redor da Terra.
- d) ao fato de o astro ser um corpo luminoso.

23. A origem da ocorrência das sucessões dos dias e das noites deve-se:

- a) à inclinação do eixo de rotação terrestre.
- b) ao movimento de rotação da Lua.
- c) ao movimento de rotação terrestre.
- d) ao movimento de rotação e translação terrestre.

24. As estações do ano devem-se:

- a) ao Sol estar mais forte ou mais fraco.
- b) à variação de distâncias entre o Sol e a Terra no decorrer do movimento de translação terrestre.
- c) à inclinação dos raios solares, à área iluminada e à duração de iluminação.
- d) exclusivamente à inclinação do eixo de rotação terrestre.

25. Um eclipse ocorre quando:

- a) um corpo entra na sombra de outro.
- b) o Sol entra na sombra da Lua.
- c) o Sol está entre a Lua e a Terra.
- d) o Sol é atingido pela sombra da Terra.

26. Desenhe uma estrela.

27. Faça um desenho representando a Terra, o Sol e a Lua.

28. Faça um desenho representando o movimento da Terra ao redor do Sol.

Fonte: Darroz, L. M. et al., 2014.

O questionário foi aplicado nas escolas participantes aos professores que foram convidados a fazer parte da pesquisa, por livre adesão.

Análise dos dados

Para a análise e compreensão dos dados das questões dissertativas (de 1 a 7), empregou-se a metodologia de análise de conteúdo (Bardin, L., 2000), criando categorias para os dois conjuntos de questões, a saber: “formação dos professores” e “atuação docente”. Já para a interpretação das questões relacionadas aos conhecimentos específicos (de 26 a 28), utilizaram-se conceitos de estatística básica (Iezzi, G., 1997; Barreto, P., 1998; Smole, K. C.; Kiyukawa, R., 1998).

A seguir, apresentam-se e comentam-se os resultados obtidos em cada uma das categorias.

Formação dos professores

No que se refere à formação dos professores (questões 1 a 3), os dados obtidos encontram-se no gráfico da figura 1.

Como é possível perceber no gráfico da Figura 1, do total de professores que participaram da pesquisa, 5,9 % possuem apenas formação em Magistério, 23,5 % possuem formação apenas em Pedagogia, 41,2 % possuem formação em Magistério e em Pedagogia e 29,4 % possuem formação em Magistério e em outros cursos de graduação. Nesse sentido, quando classificadas as respostas apenas nas categorias Magistério e graduação, temos: 76,5 % com formação em Magistério e 94,1 % com graduação. Cabe destacar, ainda, que, dos professores graduados, 56,2 % não possuem pós-graduação, seja em nível de especialização, mestrado ou doutorado.

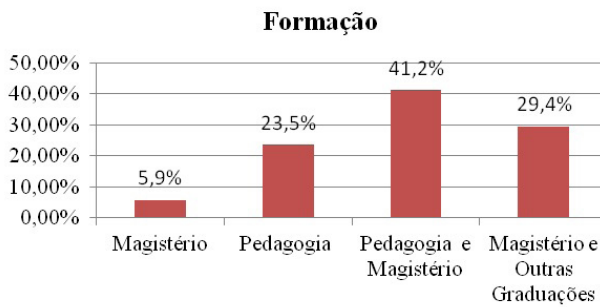


Figura 1. Formação dos professores.

Fonte: dados da pesquisa, 2015.

Atuação docente

Quanto à atuação docente dos participantes da pesquisa (questões 4 a 6), os dados podem ser visualizados na figura 2:

Na figura 2, observa-se que 29,4 % atuam no 1º ano, 23,5 % no 2º ano, 23,5 % no 3º ano e, também, 23,5 % no 4º ano, todos do ensino fundamental. Sobre o tempo de atuação, apurou-se que 38,2 % somam menos de cinco anos de atuação docente, 29,4 % entre cinco e dez anos, 8,8 % mais de dez anos e 23,5 % não responderam a essa questão.

Na questão 5, que buscava saber se o professor ministra aulas que envolvam conceitos de Astronomia, 61,8 % afirmaram que sim e 38,2 % que não. Daqueles que afirmam abordar conceitos, 28,6 % consideram que dominam o assunto e 28,6 % que não, porém, 42,9 % não souberam dizer se têm algum entendimento sobre conceitos astronômicos.

Ao se investigar o contexto anterior, ou seja, se durante a formação foram trabalhados conceitos relacionados com a Astronomia (questão 6), 44,1 %

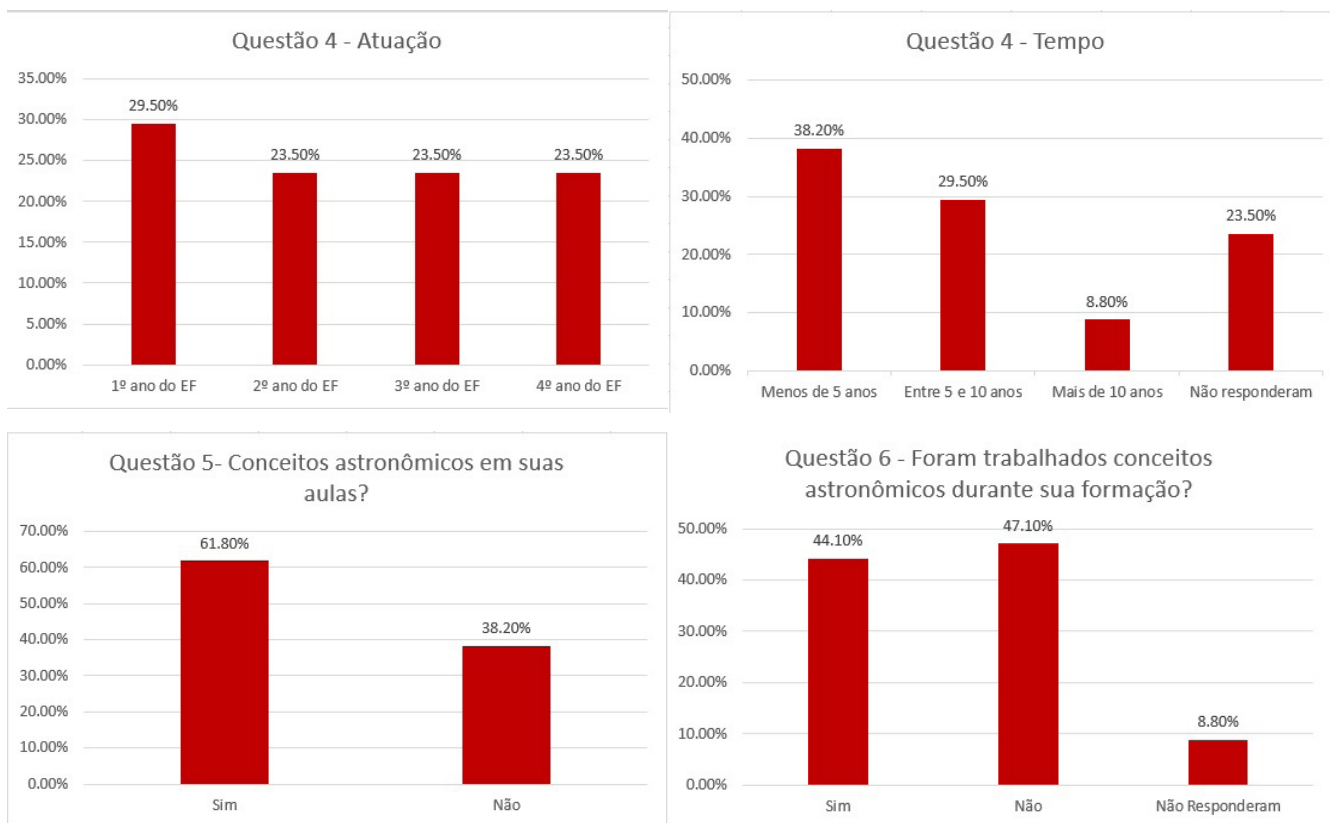


Figura 2. Gráficos das questões 4 a 6.

Fonte: dados da pesquisa, 2015.

responderam que sim, 47,1 % responderam que não e 8,8 % não responderam. Ao conjunto de professores que responderam positivamente à questão 6 foi solicitado que julgasse o nível de aprofundamento com que os conteúdos dessa ciência foram desenvolvidos em sua formação. Suas repostas foram classificadas em três categorias: 73,3 % julgam o nível como básico, 13,3 % julgam o nível como aprofundado e 13,3 % não deram sua concepção sobre o assunto. Contudo, de acordo com a análise, ainda que os conteúdos sobre Astronomia sejam estudados durante a formação do professor, isso não lhe garante uma compreensão relevante sobre essa área.

No que diz respeito às fontes de informação utilizadas pelos professores para elaborarem suas aulas, as respostas foram classificadas em categorias, conforme a Tabela 1:

Tabela 1. Fontes de informação para elaboração de aulas.

Fontes de informação	Percentual de respostas
Livros didáticos	2,9 %
Internet	11,8 %
Outras referências bibliográficas	11,8 %
Internet e outras referências bibliográficas	20,6 %
Internet e livros didáticos	26,5 %
Não responderam	26,5 %

Fonte: dados da pesquisa, 2015.

De acordo com a Tabela 1, os livros didáticos foram os menos citados em relação às demais categorias, ficando com 2,9 % das respostas, seguidos da internet, com 11,8 %, e de outras referências bibliográficas, que também somam 11,8 %. Entretanto, 20,6 % assumem pesquisar na internet e consultar outras referências bibliográficas, 26,5 % utilizam como fontes de informação para elaborar suas aulas a internet em conjunto com livros didáticos. Por fim, 26,5 % não responderam à questão. Diante desses resultados, observou-se que a internet

é uma das principais fontes consultadas, ficando como meios secundários para consultas os livros didáticos e outras referências bibliográficas. Embora as fontes secundárias sejam utilizadas em conjunto com a internet, é importante enfatizar que parte dos professores participantes não respondeu à questão, podendo causar variações nesses índices.

Conhecimentos específicos

Questões de múltipla escolha

Na análise do conjunto das questões 8 a 25 evidenciando-se os seguintes percentuais, conforme a figura 3:

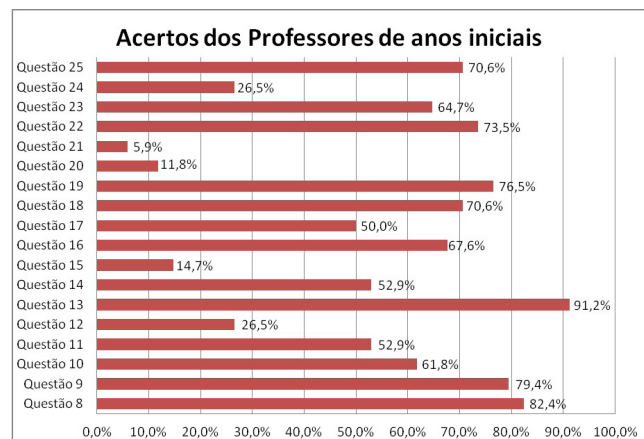


Figura 3. Gráfico – Questão X Porcentagem.

Fonte: dados da pesquisa, 2015.

No gráfico da figura 3, observa-se que 82,4 % dos professores dos anos iniciais consideram que a teoria científica mais aceita para a explicação do surgimento do Universo é o Big Bang; 79,4 % entendem que uma estrela é uma esfera de plasma grande e luminosa; 61,8 % afirmam que uma estrela se forma no interior de uma nebulosa; 52,9 % reconhecem que o fim de uma estrela depende, dentre outros fatores, de sua massa; apenas 26,5 % compreendem que a constelação é um agrupamento aparente de estrelas; 91,2 % (o maior índice de acerto obtido) afirmam que o Sol é uma estrela; 52,9 % relacionam uma estrela cadente com um meteoro causado pela

queima de asteroide que está se atritando com a atmosfera da Terra; 14,7 % conceituam a Lua como o corpo celeste mais próximo da Terra; em contrapartida, 11,8 % defendem a versão bíblica do livro do Gênesis e a unificação das galáxias como teorias científicas para o surgimento do Universo; também 11,8 % acreditam que as estrelas são corpos que refletem a luz do Sol, deixando de afirmar que elas têm luz própria; 38,2 % não demonstram conhecer o local da formação de um estrela; 47,1 % confundem-se ao expressar o motivo que leva ao fim de uma estrela; e 73,5 % acreditam que as estrelas estão agrupadas como são visualizadas no céu, não levando em conta o ponto de vista do observador.

Em conformidade com os percentuais apresentados, mesmo que a maioria saiba que o Sol é uma estrela, 8,8 % não o definem como tal, mostrando que ainda existem algumas divergências no que se refere à compreensão desse tema quando relacionado com os outros índices expostos anteriormente.

Nas questões que tratam sobre o Sistema Solar, 67,6 % dos professores compreendem que o Sistema Solar é constituído pelo Sol, pelos oito planetas com suas luas e anéis, além dos planetas-anões, asteroides e cometas; 50 % sabem a ordem crescente de distância dos planetas do Sistema Solar em relação ao Sol; 70,6 % reconhecem que os planetas terrestres do Sistema Solar são Mercúrio, Vênus, Terra e Marte; 76,5 % acertaram que Júpiter é o maior planeta do Sistema Solar. Em contrapartida, com relação às informações mais recentes, apenas 11,8 % afirmam que, a partir de 2006, Plutão passou a ser classificado como planeta-anão, por não conseguir “limpar” as vizinhanças de sua órbita.

Ainda, 58,8 % consideram a Lua como o único satélite natural do Sistema Solar, demonstrando uma confusão entre a concepção do número de satélites naturais da Terra e de todo o Sistema Solar, pois este é constituído do Sol, de vários planetas, diversos satélites naturais e outros astros menores. Sobre isso, Rodrigues, C. V. (2003) salienta que Júpiter é o maior planeta do Sistema Solar, tendo cerca de 63 satélites, quantidade que continua a aumentar devido às novas descobertas que vão sendo feitas.

Especificamente sobre a Lua, 88,2 % identificam como fases lunares apenas as quatro principais (crescente, cheia, minguante e nova), e apenas 5,9 % as compreendem como os diferentes aspectos com que o astro se apresenta para um observador terrestre ao ser iluminado pelos raios solares. Em compensação, 73,5 % afirmam que as fases da Lua ocorrem em razão das diferentes posições que ela ocupa em relação ao Sol e à Terra, à medida que orbita ao redor desse planeta.

Sendo assim, evidencia-se que os professores de anos iniciais apresentam algumas dificuldades quanto aos fenômenos astronômicos relacionados com as fases lunares, que ocorrem devido ao movimento que a Lua percorre em torno do planeta. Dependendo do ponto de vista do observador, pode-se constatar que, a cada instante, ela muda e não estará exatamente como algum tempo atrás, tendo em vista a existência de uma “infinitude de ciclos transitórios”. Afinal, como o satélite não possui luz própria, ele necessitará da luminosidade do Sol, para que aconteçam as mudanças em suas fases (Darroz, L. M. *et al.*, 2012).

Quanto aos assuntos origem dos dias e das noites, estações do ano e eclipse, respectivamente, 64,7 % dos pesquisados associam a origem da ocorrência das sucessões dos dias e das noites ao movimento de rotação terrestre; 26,5 % entendem que a mudança das estações do ano ocorre devido à inclinação dos raios solares, à área iluminada e à duração da iluminação; e 70,6 % compreendem que o eclipse ocorre quando um corpo entra na sombra de outro. Em contrapartida, 17,6 % acreditam que o eclipse ocorre quando o Sol está entre Lua e a Terra; e 35,3 % relacionam o fenômeno físico com a translação terrestre e, até mesmo, com a rotação da Lua, para explicar a origem dos dias e das noites.

Análise das questões que solicitavam ilustrações de alguns fenômenos astronômicos

O último conjunto compreende as questões de número 26 a 28, as quais solicitavam que os participantes, por meio de desenhos, ilustrassem: uma estrela;

o planeta Terra, o Sol e a lua; e o movimento da Terra ao redor do Sol. Quanto ao primeiro desenho, 73,5 % desenharam uma estrela de cinco pontas e 26,5 %, um círculo, como se verifica na figura 4.

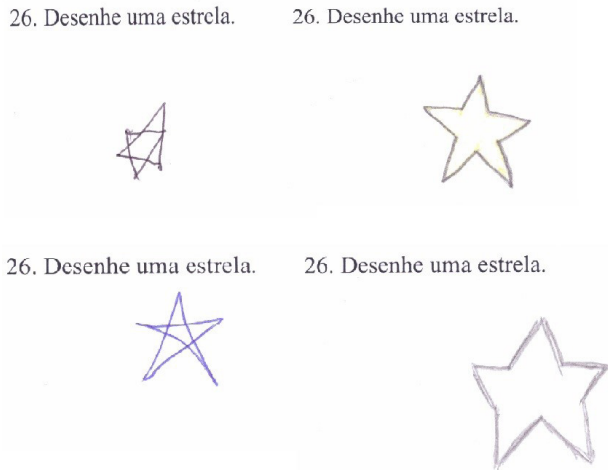


Figura 4. Ilustração representando uma estrela.

Fonte: dados da pesquisa, 2015.

Esses dados mostram que a maioria dos participantes apresenta uma definição confusa de estrela, a qual pode ser conceituada como “uma grande e luminosa esfera de plasma” (Santos, D., 2013, p. 112). Portanto, não fazem a associação de que o Sol é uma estrela pertencente ao Sistema Solar, sendo

a mais próxima da Terra, situada a 149,6 milhões quilômetros de distância.

Por meio dos desenhos feitos para representar o planeta Terra, o Sol e a Lua, que podem ser visualizados na figura 5, identificou-se que 35,3 % dos professores participantes da pesquisa entendem o Sol como o maior astro, seguido da Terra e da Lua, no que se refere ao tamanho; 55,9 % não representaram os três astros com tamanhos significativamente diferentes; e 8,8 % nem chegaram a desenhá-los.

Embora os desenhos tenham sido feitos a mão livre, com lápis grafite, ou caneta esferográfica e lápis de cor, os resultados indicam que uma parcela dos pesquisados apresenta conhecimento pouco aprofundado quanto às proporções em escala dos astros do Sistema Solar, sugerindo noções equivocadas das distâncias, dimensões e formas dos astros abordados na questão. No entanto, cabe salientar que a questão 27 do questionário aplicava apenas que os participantes desenharem o Sol, a Terra e a Lua, fato que pode ter induzido os pesquisados a não se aterem ao tamanho real e à distância entre os astros e, conseqüentemente, não expressarem tais aspectos na representação.

No que se refere à ilustração das órbitas (figura 6), realizada para representar a translação, observou-se que 70,6 % dos pesquisados desenharam

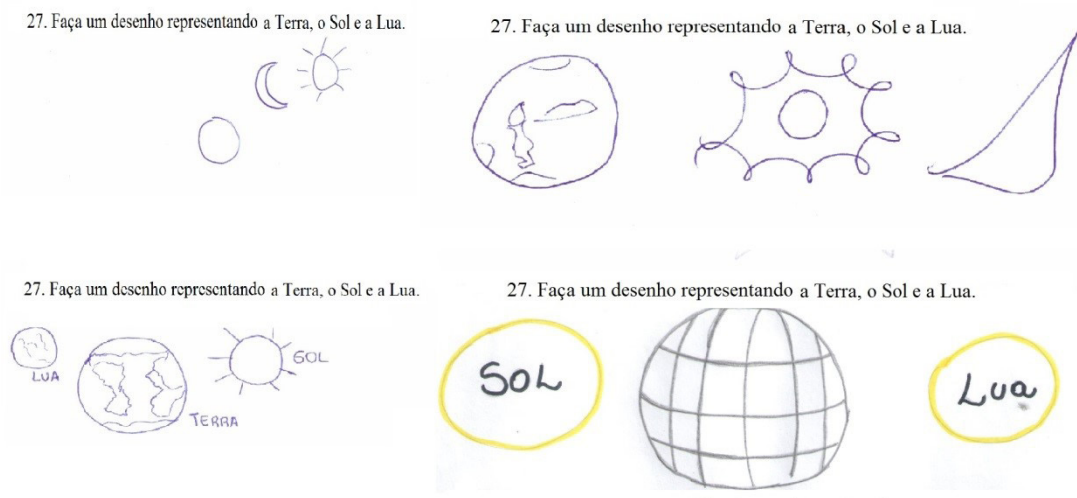


Figura 5. Desenhos representando a Terra, o Sol e a Lua.

Fonte: dados da pesquisa, 2015.

esse movimento para oeste; 17,6 %, para leste; e 11,8 % não desenharam movimento algum. Esta parcela, somada à imediatamente anterior, revela que 29,4 % dos pesquisados apresentam dificuldades em relação à compreensão do movimento da Terra ao redor do Sol.

Com a aplicação do questionário, foi possível obter diversos indicativos referentes ao entendimento e às dificuldades dos professores dos anos iniciais do ensino fundamental das escolas municipais de Soledade, RS em relação à Astronomia. Acredita-se que esses dados poderão servir de embasamento para o estudo da concepção que os professores pesquisados têm sobre o referido assunto.

Considerações finais

Os resultados obtidos por meio da pesquisa aqui relatada demonstram que a maioria dos participantes possui formação em Magistério e em algum curso superior. Quanto às fontes utilizadas para a preparação de suas aulas e/ou para o aprimoramento do conhecimento, foi averiguado que a maior parte deles recorre à internet em conjunto com outras ferramentas.

Com relação à compreensão dos conteúdos envolvendo a Astronomia, foi possível constatar, com base nas respostas dos professores às questões

objetivas, que eles compreendem muitos conceitos. Cabe ressaltar, no entanto, que os pesquisados ainda apresentam algumas dificuldades acerca de determinados conteúdos, como as fases da Lua, os satélites naturais do planeta e do Sistema Solar, o conceito de constelação, a origem das estações do ano, o entendimento da classificação de planeta-anão e sua relação com os outros planetas do Sistema Solar. Por meio dos desenhos feitos para ilustrar fenômenos astronômicos, foi possível observar, ainda, que os participantes não se preocuparam com as dimensões dos astros, a distância entre eles, nem com o sentido do movimento de translação da Terra.

Embora o questionário aplicado apresente algumas limitações, as análises realizadas indicam que os professores conhecem e dominam muitos assuntos relacionados à Astronomia, porém, necessitam aprofundar o conhecimento, a fim de sanarem as possíveis lacunas conceituais que ainda apresentam. Assim, os resultados obtidos corroboram os elementos identificados na revisão de literatura, confirmando que ainda existem lacunas deixadas na formação acadêmica, os equívocos existentes nos livros e em outros materiais utilizados como fontes para a elaboração de aulas e/ou para a busca de informações e, ainda, a simples acomodação dos docentes, que não buscam a atualização sobre os conteúdos, podem ser a origem das noções controversas e errôneas

28. Faça um desenho representando o movimento da Terra ao redor do Sol. 28. Faça um desenho representando o movimento da Terra ao redor do Sol.



28. Faça um desenho representando o movimento da Terra ao redor do Sol. 28. Faça um desenho representando o movimento da Terra ao redor do Sol.



Figura 6. Ilustração representando o movimento da Terra ao redor do Sol.

Fonte: dados da pesquisa, 2015.

que evidenciam e que os levam, muitas vezes, a ensinar conceitos problemáticos. Logo, é recomendável que os profissionais dessa importante etapa da Educação Básica busquem cursos que os ajudem a complementar a sua formação pois, de acordo com as pesquisas sobre o tema nos anos iniciais, essa ciência fascina os estudantes, sendo capaz de alavancar o interesse pela ciência.

Referências

- AFONSO, G. B. Astronomia indígena. In: REUNIÃO ANUAL DA SBPC, 61, pp.1-5, Manaus. **Anais**. SBPC. Meio digital, 2009.
- ALHO, K. R.; OLIVEIRA, E. A. G.; SANTOS, R. M. O. Ensino de Astronomia nos anos iniciais do ensino fundamental. In: ENPEC – ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA EM EDUCAÇÃO EM CIÊNCIAS, 9, pp.1-8, Águas de Lindóia, SP. **Atas**. Associação Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências. Meio digital. 2013.
- BARDIN, L. **Análise e conteúdo**. Lisboa: Ed. Lisboa, 2000.
- BARRETO, B. F.; SILVA, C. X. **Matemática: aula por aula**. São Paulo: FTD, 1998.
- BARRETO, P. Possíveis representações pré-históricas de eocos (earth orbit crossing objects). In: ENCONTRO NACIONAL DE ASTRONOMIA, 4, pp.81-94, Salvador, 2001. **Anais**. Clube de Astronomia de Brasília, 2001.
- BARTELMÉBS, R. C. A Astronomia nos anos iniciais: reflexões de uma comunidade de prática. In: SEMINÁRIO DE PESQUISA EM EDUCAÇÃO DA REGIÃO SUL, RS - ANPEDSUL, 9, pp.1-16, Caxias do Sul. **Anais**. Univerisdade de Caxias do Sul, 2012.
- BRASIL. Secretaria de Educação Fundamental. **Parâmetros Curriculares Nacionais: Ciências Naturais - 1º e 2º ciclos**. Brasília: MEC/SEF, 1997.
- BRASIL. Ministério da Educação. Secretaria da Educação Média e Tecnológica. **PCN+:** orientações educacionais complementares aos Parâmetros Curriculares Nacionais. Brasília: MEC/SEMT, 2002.
- BRASIL. **Lei nº 9.394, de 20 de dezembro de 1996**. Estabelece as Diretrizes e Bases da Educação Nacional. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/ato2007-. Acesso em: 20 ago. 2015.
- BRETONES, P. S. **Disciplinas introdutórias de Astronomia nos cursos superiores do Brasil**. Campinas, SP.: [s.n.], 1999.
- DARROZ, L. M.; HEINEK, R.; PEREZ, C.A.S. Propiciando aprendizagem significativa para alunos do sexto ano do ensino fundamental: um estudo sobre as fases da lua. **RELEA**, v. 1, n. 13, pp. 31-40, 2012.
- DARROZ, L. M. *et al.* Evolução dos conceitos de Astronomia no decorrer da educação básica. **RELEA**, v. 1, n. 17, pp. 107-121, 2014.
- DARROZ, L. M.; SANTOS, F. M. T. Promovendo a aprendizagem significativa de conceitos básicos de Astronomia na formação de professores em nível médio. **Experiências em Ensino de Ciências**, v. 7, n. 2, pp. 1-13, 2012.
- DELIZOICOV. D.; ANGOTTI, J. A. **Física**. São Paulo: Cortez, 1990.
- GONZAGA, E. P.; VOELZKE, M. R. Análise das concepções astronômicas apresentadas por professores de algumas escolas estaduais. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 33, n. 2, p. 2311(1)- 2311(12), 2011.
- GONZATTI, S. E. M. *et al.* Ensino de Astronomia: cenários da prática docente no ensino fundamental. **RELEA**, v. 1, n.16, pp.27-43, 2013.
- IEZZI, G. *et al.* **Matemática**: volume único. São Paulo: Atual, 1997.
- INSTITUTO DE PESQUISAS ESPACIAIS (INPE). **Comparação do tamanho dos principais astros do sistema solar**. Disponível em: <http://www.cdcc.usp.br/cda/dispositivos/pdf/Painel-do-totem-sistema-solar-1140x1140mm.pdf>. Acesso em: 07 nov. 2015.
- LANGHI, R. **Um estudo exploratório para a inserção da Astronomia na formação de professores dos anos iniciais do Ensino Fundamental**. 240 p. Mestrado em Educação para a Ciência – Faculdade de Ciências, UNESP, Bauru, SP, 2004.

- LANGHI, R.; NARDI, R. Dificuldades interpretadas nos discursos de professores dos anos iniciais do ensino fundamental em relação ao ensino da astronomia. **Revista Latino-Americana de Educação em Astronomia**, v.1 n. 2, pp. 75-92, 2005.
- LORENZETTI, L.; DELIZOICOV, D. Alfabetização científica no contexto das séries iniciais. **ENSAIO – Pesquisa em Educação em Ciências**, v. 3, n. 1, p. 105-116, jun. 2001.
- MORAES, A. **A Astronomia no Brasil**. São Paulo: IAG/USP, 1984.
- NEVES, M. C. D. **Astronomia de régua e compasso de Kepler a Ptolomeu**. Campinas, SP: Ed. Unicamp, 1986.
- NOGUEIRA, S.; CANALLE, J. B. G. **Astronomia**: ensino fundamental e médio. Brasília: MEC, SEB; MCT; AEB, 2009.
- OLIVEIRA FILHO, K. S.; SARAIVA, M. F. O. **Astronomia e a Astrofísica**. Porto Alegre: Ed. Universidade/UFRGS, 2000.
- PUZZO, D. **Um estudo das concepções alternativas presentes em professores de 5ª série do Ensino Fundamental sobre as fases da Lua e eclipses**. 122p. Mestrado em Ensino de Ciências e Educação Matemática – Universidade Estadual de Londrina, UEL, Londrina, 2005.
- RODRIGUES, C. V. **Sistema Solar**: Capítulo 3. São José dos Campos, SP: INPE, 2003. Disponível em: http://das.inpe.br/ciaa/cd/HTML/sistema_solar/sist_solar.html. Acesso em: 05 nov. 2015.
- SANTOS, D. **Linha do tempo**: uma história do universo. São Paulo: Clube de Autores, 2013.
- SMOLE, K. C.; KIYUKAWA, R. **Matemática**. São Paulo: Saraiva, 1998. v. 3.
- SOLER, D. R.; LEITE, C. **Astronomia no currículo do estado de São Paulo e nos PCN**: um olhar para o tema Observação do Céu. São Paulo: USP, 2012.
- UBINSKI, J. A. S.; BECKER, W. R.; STRIEDER, D. M. O ensino de Astronomia na concepção de estudantes de Pedagogia. In: EPCC – ENCONTRO INTERNACIONAL DE PRODUÇÃO CIENTÍFICA CESUMAR, 8, pp.1-4, Maringá, PR. **Anais...** Centro Universitário de Maringá. Meio digital, 2011.
- UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO. Centro de Divulgação Científica e Cultural. **Comparação dos tamanhos dos principais astros do sistema solar**. Disponível em: <http://www.cdcc.usp.br/cda/dispositivos/pdf/TAMANHOS-sistema-solar-245x700mm.pdf>. Acesso em: 05 nov. 2015.





UNIVERSIDAD DISTRITAL
FRANCISCO JOSÉ DE CALDAS

Revista Góndola, Enseñanza y Aprendizaje de las Ciencias

Bogotá, Colombia

<http://revistas.udistrital.edu.co/ojs/index.php/GDLA/index>



Reseña

LIBRO: EXPLICANDO LAS DIFERENCIAS DE APRENDIZAJE EN LOS NIÑOS
AUTORA: ORFENIA OTALVARO ZAPATA

Lida Eugenia Rodríguez Guzmán¹

Datos básicos. NeuroNet Learning

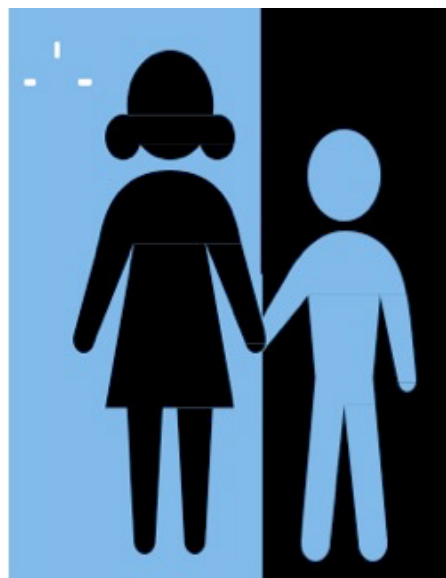
Idioma: Español

Capítulos: 4

Páginas: 41

Editorial: NeuroNet Learning

Año de publicación: 2013



Este texto es una propuesta que invita al desarrollo de la automatización de los procesos de lectura, escritura y operaciones matemáticas en los estudiantes y va dirigido a las directivas escolares, terapeutas y psicólogos, maestros y padres de familia.

¹ Correo electrónico: lidaerodriguez@gmail.com

Capítulo primero

Introducción, diferencias en el aprendizaje

“Un niño que necesita tiempo extra para escuchar las diferencias entre los sonidos de las letras tendrá dificultad para automatizar la decodificación de la lectura” (p.11)

El capítulo inicia con tres preguntas movilizadoras: ¿cómo explicamos las diferencias de aprendizaje de los niños?, ¿cómo es que niños que parecen muy similares en sus vidas diarias obtienen resultados académicos tan distintos? y ¿cuál es la diferencia entre los aprendices independientes con aprendices con dificultades? Así, la automaticidad responde al porqué para algunos aprendices las tareas se resuelven automáticamente y no requieren de una habilidad cognitiva. Por medio de la analogía de conducir un auto, el libro pretende que el lector responda las preguntas en cuestión e invita a autoevaluar la manera en que automatizamos nuestras actividades académicas. Señala, además, que para llegar a una automatización es preciso previamente haber decodificado las diferentes estructuras que intervienen en el proceso de aprendizaje: lectura, escritura y resolución de operaciones matemáticas. Cuando esto se ha cumplido satisfactoriamente el proceso cerebral demanda menos energía para dar automáticamente respuestas a situaciones o preguntas que lo requieran.

Capítulo segundo

Habilidades académicas básicas: decodificación de la lectura, la escritura y las operaciones matemáticas

“Las habilidades perceptivo-motrices pueden ser automatizadas con la práctica correcta de la motricidad fina (ej., la escritura, dibujar) y de la motricidad gruesa (ej., saltar, correr, balancearse y pisar). El movimiento repetitivo y la práctica de estas habilidades perceptivo-motrices ayuda a los niños a desarrollar

la automaticidad, la cual es esencial para convertirse en aprendices independientes” (p.13)

En este capítulo el objeto es responder a ¿cómo preparamos a los estudiantes para que sean aprendices independientes en la escuela? Para ello, el primer planteamiento está relacionado con las habilidades perceptivo-motrices; estas pueden ser automatizadas con prácticas correctas. Aquí citan como ejemplos el amarrarse los zapatos y el ejercicio en los deportes. Como un segundo elemento proponen la escritura como habilidad perceptual-motriz y como herramienta de aprendizaje. El tercer planteamiento está relacionado con la lectura, aquí la decodificación de las letras permite a los estudiantes ser autónomos. Por último, están las matemáticas que, como lenguaje, tiene unos códigos que la caracterizan. Así, las operaciones matemáticas, aprendizaje de las tablas de multiplicar, operaciones más avanzadas como la factorización o el desarrollo de sistemas de ecuaciones son casos de automatización y concentración de la memoria. Por último, señalan que muchos programas académicos enseñan habilidades y esperan que la automatización emerja independientemente en habilidades de lectura, escritura y operaciones matemáticas.

Capítulo tercero

Características del aprendiz con problemas y el aprendiz independiente

“Un aprendiz independiente que tiene confianza en su escritura y resolución de problemas va a querer participar en actividades que requerirán pensamientos más complejos, como la comprensión de la lectura y problemas matemáticos desarrollados” (p.28)

En este capítulo se realiza una caracterización que diferencia a los aprendices con y sin dificultades. Los primeros presentan obstáculos para concentrarse en las actividades de lectura y/o escritura, generando incertidumbre, falta de confianza y desmotivación. Así, estas problemáticas pueden llevar al

estudiante a problemas comportamentales. Por otro lado, están los aprendices independientes quienes desarrollan sus procesos de automatización, así las habilidades desarrolladas en la lectura, escritura y matemáticas las pueden aplicar en la resolución de problemas. El éxito redonda en el fortalecimiento de su confianza y con ello la independencia en el auto aprendizaje.

Capítulo Cuarto

Resumen

“La automaticidad libera nuestros pensamientos para poder efectuar actividades, como andar en bicicleta o cualquier otro tipo de aprendizaje, sin estar auto-distraídos por la percepción y los movimientos. La buena noticia es que la podemos enseñar, la podemos aprender y la podemos enseñar” (p.32)

Relacionado con la capacidad que tiene el aprendiz de llevar a cabo tareas que requieren de

la automatización de la lectura, la escritura y las matemáticas en cualquier momento porque están presentes en el cerebro. Así, la automatización “es la capacidad de llevar a cabo una tarea sin recurrir a atención cognitiva” se evidencia cuando se dan respuestas inmediatas sin detenerse a pensar en ellas, por ejemplo, las tablas de multiplicar o la lectura de una palabra. Como estrategia proponen medir la automaticidad en intervalos de uno o dos segundos. El objetivo de este programa NeuroNet es buscar que los estudiantes se vuelvan más independientes, fortalezcan su autoconfianza y capacidad de automaticidad. Lo que le permite desarrollar otras actividades paralelamente a aquellas que requieren de respuestas inmediatas, por lo que para finalizar aparece un link en donde invita a subscribirse para obtener pruebas gratis en: Programas para terapeutas y Programas de Escuela (inglés y español).

<http://blog.neuronetlearning.com/problemas-de-aprendizaje-en-ninos/>

<http://es.calameo.com/read/002579452b351c6a47049>



EDITORIAL

Uso del libro escolar o libro de texto en la enseñanza de ciencias
Diego F. Vizcaíno

HISTORIAS DE VIDA

Entrevista a María Rita Otero
Olga Castiblanco y María Rita Otero

ARTÍCULOS

Recursos educativos abiertos, artefactos culturales, concepciones de los profesores de física para ingeniería: análisis de dos estudios de caso
Open educational resources, cultural artifacts, conception's physics teachers for engineering analysis of two case studies
Oscar Jardey Suárez

El experimento del efecto fotoeléctrico para la comprensión del concepto de cuantización de la energía de la radiación
Photoelectric effect experiment for understanding the concept of quantization of radiation energy
Yeimy Gerardine Berrios Saavedra, Mayra Alejandra Ramos Bonilla

Contexto en la enseñanza de las ciencias: análisis al contexto en la enseñanza de la física
Context in science education: analysis of the context in teaching of physics
Jair Zapata Peña

Um estudo da relação entre as imagens mentais utilizadas por estudantes de mecânica quântica e seu perfil epistemológico: uma investigação pela metodologia report aloud
Study on the relationship between mental images and the epistemological profile of quantum mechanics students: an investigation using the report aloud methodology
Robson Trevisan, Agostinho Serrano de Andrade Neto

O uso do lúdico no ensino de ciências: jogo didático sobre a química atmosférica
Ludic use in science teaching: didactic game on atmospheric chemistry
Caroline Medeiros Martins de Almeida, Tania Renata Prochnow, Paulo Tadeu Campos Lopes

Concepções de um grupo de professores de anos iniciais acerca dos conceitos básicos da astronomia
The brazilian students' performance and the PISA assessment: some aspects for discussion
Andreia Freitas Zompero, Helenara Regina Samapio, Karen Mayara Vieira

RESEÑAS

Libro: Explicando las diferencias de aprendizaje en los niños, Autora: Orfenia Otalvaro Zapata
Lida Eugenia Rodríguez Guzmán

