

GÓNDOLA

ENSEÑANZA Y APRENDIZAJE
DE LAS CIENCIAS

11 Congreso Nacional de Enseñanza de la Física y la Astronomía

NÚMERO ESPECIAL
MAYO - AGOSTO DE 2023



UNIVERSIDAD DISTRITAL
FRANCISCO JOSÉ DE CALDAS



UNIVERSIDAD DISTRITAL FRANCISCO JOSÉ DE CALDAS

**Revista Góndola,
Enseñanza y Aprendizaje de las Ciencias**
Número Especial
mayo - agosto de 2023

Revista cuatrimestral
Facultad de Ciencias y Educación
Universidad Distrital Francisco José de Caldas
Bogotá, Colombia

ISSN 2346-4712
e-ISSN 2665-3303

Editora en Jefe
Olga Lucía Castiblanco

Dirección editorial
Grupo de Investigación:
Enseñanza y Aprendizaje de la Física (GEAF)

Apoyo gestion OJS
Centro de Investigaciones y Desarrollo Científico - CIDC

Portada
**11 Congreso Nacional de Enseñanza de la Física y la
Astronomía**



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

EQUIPO EDITORIAL REVISTA GÓNDOLA

Ph.D. Olga Lucía Castiblanco Abril
Universidad Distrital Francisco José de Caldas, Colombia
Editora en jefe
Ph.D. Diego Fábian Vizcaíno
Universidad Antonio Nariño, Bogotá, Colombia
Editor de contenidos
Juan Andres Giraldo
Gestor de Artículos

NÚMERO ESPECIAL

11 CONGRESO NACIONAL DE ENSEÑANZA DE LA FÍSICA Y LA ASTRONOMÍA

COMITÉ ORGANIZADOR LOCAL

Ángel Enrique Romero Chacón, Universidad de Antioquia
Yirsén Aguilar Mosquera, Universidad de Antioquia.
Tarcilo Torres Valois, Universidad de Antioquia.
Sonia Yaneth López Ríos, Universidad de Antioquia.
Jaime Andrés Carmona, Universidad de ANTioquia.

COMITÉ ORGANIZADOR NACIONAL

Ángel Enrique Romero Chacón, Universidad de Antioquia
Jaime Duván Reyes Roncancio, Universidad Distrital
Francisco José de Caldas
Edwin Germán García Arteaga, Universidad del Valle
José Antonio Marín, Universidad de la Amazonía
Liliana Tarazona Vargas, Universidad Pedagógica Nacional
Olga Lucía Castiblanco Abril, Universidad Distrital
Francisco José de Caldas
Rosa Nidia Tuay, Universidad Pedagógica Nacional
Sandra Milena Forero, Universidad Pedagógica Nacional
José Andrés Chávez Osorio, Universidad Tecnológica de
Pereira

COMITE CIENTÍFICO

Alejandro Hurtado Márquez. Universidad Distrital
Francisco José de Caldas
Álvaro Cárdenas Orozco. Universidad Tecnológica de
Pereira
Ángel Enrique Romero Chacón. Universidad de Antioquia
Ángela Liliana Flórez Bohórquez. Secretaría de Educación
de Bogotá

Clara Inés Chaparro Susa. Universidad Pedagógica
Nacional

Daniela Sánchez Giraldo . Universidad Tecnológica de
Pereira

Diana Yised Cárdenas Valbuena. Universidad Pedagógica
Nacional

Diego Fabián Vizcaino Arévalo. Universidad Antonio
Nariño

Edwin German García Arteaga. Universidad del Valle

Fernando Isidro Espitia Castañeda . Universidad
Pedagógica Nacional

Francis Moreno Otero. Universidad Pedagógica Nacional

Francisco Javier Orozco González. Universidad
Pedagógica Nacional

Giovanny Sierra Vargas. Universidad Pedagógica Nacional

Gloria Patricia Ramírez López. Secretaría de Educación de
Bogotá

Héctor Fabio Ramírez Tabares . Liceo Campestre de
Pereira

Inés Delgado Rodríguez. Secretaría de Educación de
Bogotá

Iván Darío Arellano Ramírez. Universidad Tecnológica de
Pereira

Jaime Andrés Carmona Mesa. Universidad de Antioquia

Jaime Duván Reyes Roncancio. Universidad Distrital
Francisco José de Caldas

James Andrés Pérez Montoya. Universidad Tecnológica de
Pereira

Jhon Daniel Pabón Rúa . Universidad de Antioquia

Jimmy Alexander Cortes Osorio. Universidad Tecnológica
de Pereira

Johana Rendón Blandón . Universidad Tecnológica de
Pereira

Jonatan García Castro. Institución Educativa Diego Amaya Salazar

José Alexander Amaya Díaz. Universidad Tecnológica de Pereira

José Andrés Chaves Osorio. Universidad Tecnológica de Pereira

José Antonio Marín Peña. Universidad de la Amazonia

José Edgar Carmona Franco. Universidad Tecnológica de Pereira

José Orlando Organista Rodríguez. Universidad Central

Juan Alejandro Pérez Rangel . Universidad Pedagógica Nacional

Juan Carlos Bustos Gómez. Universidad Pedagógica Nacional

Juan Carlos Castillo Ayala. Universidad Pedagógica Nacional

Judith Trujillo Téllez. Universidad Pedagógica Nacional

Lady Janeth González Varela. Corporación de Ciencia y Tecnología Maloka

Liliana Tarazona Vargas . Universidad Pedagógica Nacional

Luz Stella Mejía Arisizábal. Universidad de Antioquia

María Helena Ochoa Cuida. Colegio Guillermo León Valencia (IED)

Mauricio Rozo Clavijo. Universidad Pedagógica Nacional

Mónica Eliana Cardona Zapata. Universidad de Antioquia

Mónica Marcela Alarcón Rodríguez. Secretaría de Educación de Bogotá

Nancy Janet Castillo Rodríguez . Universidad Tecnológica de Pereira

Natalia Muñoz Candamil . Secretaría de Educación de Antioquia

Néstor Fernando Méndez Hincapié. Universidad Pedagógica Nacional

Nombre Apellido. Filiación Institucional

Oscar Suárez. Universidad Distrital Francisco José de Caldas

Paulo César Cárdenas Montoya. Universidad Autónoma de Manizales

Ronal Enrique Callejas Arévalo . Universidad Pedagógica Nacional

Rosa Nidia Tuay Sigua. Universidad Pedagógica Nacional

Sandra Bibiana Ávila Torres. Universidad Pedagógica Nacional

Sandra Elizabeth López Tabares. Universidad Tecnológica de Pereira

Sandra Milena Forero Díaz. Universidad Pedagógica Nacional

Sandra Milena Téllez Rico. Universidad Pedagógica Nacional

Santiago Osorio Giraldo. Universidad tecnológica de Pereira

Sonia Yaneth López Ríos. Universidad de Antioquia

Tarcilo Torres Valois. Universidad de Antioquia

Vanessa Arias Gil. Universidad de Antioquia

Victoria Eugenia Valencia López. Institución Educativa Empresarial

Walter Serna. Universidad Tecnológica de Pereira

William Prado Martínez. Universidad Tecnológica de Pereira

Wilmar Francisco Ramos. Universidad Distrital Francisco José de Caldas

Xiomara del Pilar Murillo Castañeda. Fundación Universitaria Agraria de Colombia

Yaneth Liliana Giraldo Suárez. Universidad de Antioquia

Yenifer Johana Hernández León. Universidad Pedagógica Nacional

Yhon Jairo Acosta Barajas. Universidad Tecnológica de Pereira

Yirsén Aguilar Mosquera. Universidad de Antioquia



Contenido

ARTICULOS

Enseñanza de la Astronomía: una perspectiva desde la teoría del Actor-Red.
Karla Reyes

Astronomía en el aula: Los nortes en el mundo que habitamos.
Rosa Inés Pedreros Martínez, Edwin Alejandro Castelblanco Gracia

Arduino uno, oportunidad de aprendizaje en la enseñanza del sonido
Angye Alejandra Quiroga Ávila, Laura Natalia Bobadilla Estupiñán, Diego Fernando Becerra Rodríguez

Comprensión del origen de los elementos químicos a partir de la enseñanza del proceso de fusión nuclear.
Santiago Velásquez Murcia, David Tovar Rodríguez, Angye Alejandra Quiroga Ávila

Enseñanza de la física mediante el abordaje de cuestiones sociocientíficas en el contexto colombiano.
James Stevan Arango Ramírez, Ángel Enrique Romero Chacón

Estrategia de aprendizaje en física a estudiantes con discapacidad intelectual leve y moderada.
Solvay Mayerly Mora Rondón

Análisis del discurso de docentes en ejercicio respecto a la Astronomía y su enseñanza.
Jose Efrain Guataquira Ramirez, Olga Lucía Castiblanco Abril

Experiencias sobre fenómenos astronómicos en la escuela por medio de historietas y la escritura.
Gloria Patricia Romero, Marleny Tarquino Cabra

La interacción fenómeno-estudiante como base fundamental en el desarrollo del pensamiento científico
Kevin Paramero

La radiación ionizante un escenario didáctico en la enseñanza de la física en radiología.
Nelly Yolanda Céspedes Guevara, Rosa Nidia Tuay

Propuesta metodológica en la cinemática aplicando la estrategia REMSI.
Sergio David López Gualdron, Rafael Ramón Rey González

Registros semióticos para el aprendizaje de trabajo y energía en estudiantes de la escuela media
Edwin Mosquera Lozano, German Londoño Villamil

Sensor de proximidad, Arduino en la enseñanza de la física en el Colegio Jorbalán
Santiago Velásquez Murcia, Diego Fernando Becerra Rodríguez

Caracterización fenomenológica de la permeabilidad magnética: un análisis de la actividad experimental en la reconstrucción de saberes.
Carlos Andrés Niño Montenegro

Mezclando los colores del Universo, una experiencia astronómica desde las artes
Yeni Marcela Marmolejo-López, Juan Pablo Uchima-Tamayo, Johana Murcia- Rocha

Una revisión sobre el trabajo experimental en la enseñanza de la física en educación secundaria
Nelson Alexander Del Río Osorio, Mónica Eliana Cardona Zapata

El desarrollo de la creatividad en cuarto de primaria a partir del aprendizaje de la física
Johan Sebastian Bustos Mora, Olga Lucía Castiblanco Abril



Contenido

Consideraciones metodológicas de las categorías de análisis sobre la actividad experimental en el cambio didáctico de profesores de ciencias desde una perspectiva fenomenológica
Yuly Hadbleydy Rivera Vargas, Carlos Javier Mosquera Suarez

Construyendo Python notebooks en el curso de oscilaciones para la formación de profesores de física.
Juan David Hernández Flórez, Carlos Andrés Gómez Vasco

Formación de profesores para la enseñanza de la física cuántica en la secundaria: necesidad de la democratización del conocimiento científico
Andrés Cuéllar García

Papel de la práctica pedagógica en la formación inicial de licenciados en física: Un estudio interpretativo desde sus reflexiones
Diana Carolina Castro Castillo, Ronal Enrique Callejas Arévalo, Sandra Milena Téllez Rico

Experimentación Cualitativa: alternativa para dinamizar procesos argumentativos y construcción de conocimiento científico escolar en primaria
Diana María Rodríguez Ramírez, Ángel Enrique Romero Chacón

Recontextualización del concepto de habitabilidad planetaria desde una perspectiva ambiental
Jhon Daniel Pabón Rúa, Zayda Yaneth Sandoval Peña, Yirsen Aguilar Mosquera

Propuesta Metodológica para la solución de un problema de conservación de energía en dos grupos poblacionales
Iveth Margeny Mendoza Gómez, Alvaro Esneider Jara Huerfano

Competencias Investigativas: Modelización con Python para la enseñanza de la Física Mecánica
Mario Bernal, Luz K. Peña

El papel del modelo en las representaciones que realizan los niños de grado segundo en el estudio del sistema solar
Karen Yomaira Muñoz Rodríguez, Diana Carolina Castro Castillo

Los diagramas de Penrose, una puerta hacia la comprensión de la energía oscura
Juan Manuel Peña Díaz, Tomás David Campo Martínez

Las redes neuronales cuánticas y enseñanza de aspectos básicos de la mecánica cuántica
Alejandra León, Martín Arias, Juan Giraldo, Carlos Jácome

Desarrollo de un kit portable para la enseñanza de la Física
Karen Milena Fonseca, Luis Fernando Aguilar

Simulación del péndulo doble como herramienta para la enseñanza del caos
Daniel Mauricio Martín Rojas

The photoelectric effect: an example of the mediation of teaching learning processes with google col-laboratory
Pedro Ignacio Deaza Rincon, Omar Alfonso Bohórquez Pacheco, José Luis Zamora Alvarado

Uso de los simuladores de Phet y Tracker para el estudio del movimiento oscilatorio
Gladys Patricia Abdel Rahim Garzón, Pablo Emilio Garzón Carreño

ENSEÑANZA DE LA ASTRONOMÍA: UNA PERSPECTIVA DESDE LA TEORÍA DEL ACTOR - RED

ASTRONOMY LEARNING: A PERSPECTIVE FROM THE ACTOR-NETWORK THEORY

ENSINO DE ASTRONOMIA: UMA PERSPECTIVA DA TEORIA ATOR-REDE

Karla Reyes* 

Reyes K. (2023). Enseñanza de la Astronomía: una perspectiva desde la teoría del Actor-Red. *Góndola, Enseñanza y Aprendizaje de las Ciencias*, Número especial, v18, pp.1-11

Resumen

En este trabajo se presenta la propuesta de investigación de enseñanza y de aprendizaje de la Astronomía desde el marco de la implementación del Centro de Ciencias de la Universidad de Nariño, con el fin de contribuir a la comprensión de los estándares básicos de competencia en los estudiantes de básica primaria relacionados con la Astronomía. El objetivo es reconocer las transformaciones que se producen en el aprendizaje de la Astronomía en los niños y las niñas dentro de una red en la perspectiva de la denominada Teoría del Actor-Red. La propuesta surge del planteamiento de dos hipótesis: la primera es que los estudiantes no comprenden los enunciados básicos de la Astronomía porque la enseñanza de la misma se realiza de manera breve, de una forma teórica y por personal no formado en el área; la segunda, establece que es posible superar estas dificultades de los estudiantes mediante una propuesta de intervención donde se aproveche el Centro de Ciencias junto con su instrumentación científica y la teoría del Actor-Red para profundizar en el aprendizaje de la Astronomía. Esta teoría se aplica a los casos en los que los no humanos pueden desempeñar roles de actores en el aprendizaje y no son solamente proyecciones simbólicas. En este contexto de actores no humanos, se asume que los Centros de Ciencias pueden ser actores que participan, influyen, promueven e intervienen en la propuesta didáctica. La metodología consiste en identificar los problemas conceptuales de los estudiantes para luego implementar una secuencia didáctica a través de la red, conectando los actores humanos y no humanos, para de esta manera identificar las transformaciones conceptuales producidas.

Palabras-Clave: Educación científica. Enseñanza de la astronomía. Investigación educativa.

Abstract

In this work, the implementation project of the Science Center of the University of Nariño and the research proposal for the teaching of astronomy with the purpose of improving the understanding of the basic standards of competence in education students are presented from this scenario. basic primary, due to the fact that conceptual problems have been detected in children and in the reference to the topics of standard speeches. The objective is to recognize the transformations that occur in the learning of astronomy in

* Magister en Astronomía y Astrofísica, Universidad de Nariño, Colombia, kprfis@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0001-7399-4542>.

children online in the perspective of the so-called Red-Actor Theory. The proposal arises from the approach of two hypotheses: the first is that students do not understand the basic statements of astronomy because the teaching of it is carried out in a brief, theoretical and personal way in the area; the second establishes that it is possible to overcome these difficulties of the students through an intervention proposal that takes advantage of the Science Center together with its scientific instrumentation and the Red-Actor theory with the purpose of deepening the learning of astronomy. This theory applies to cases where nonhumans can play actor roles in learning and not just symbolic projects. In this context of non-human actors, it is assumed that the Science Centers can be actors that participate, influence, promote and intervene in the didactic proposal. The methodology consists of identifying the conceptual problems of the students through the application of an instrument to implement the didactic strategy through the network, connecting human and non-human actors and thus identifying the conceptual transformations produced.

Keywords: Science education. Astronomy teaching. Educational research.

Resumo

Redigido Neste trabalho, o projeto de implementação do Centro de Ciências da Universidade de Nariño e a proposta de pesquisa para o ensino de astronomia com o objetivo de melhorar a compreensão dos padrões básicos de competência em educação dos alunos são apresentados a partir deste cenário. devido ao fato de terem sido detectados problemas conceituais nas crianças e na referência aos tópicos das falas padrão. O objetivo é reconhecer as transformações que ocorrem no aprendizado de astronomia em crianças online na perspectiva da chamada Teoria do Ator Vermelho. A proposta surge da abordagem de duas hipóteses: a primeira é que os alunos não compreendem as afirmações básicas da astronomia porque o ensino da mesma é realizado de forma breve, teórica e pessoal na área; a segunda estabelece que é possível superar essas dificuldades dos alunos por meio de uma proposta de intervenção que aproveita o Centro de Ciências juntamente com sua instrumentação científica e a teoria do Ator Vermelho com a finalidade de aprofundar o aprendizado da astronomia. Essa teoria se aplica a casos em que não-humanos podem desempenhar papéis de atores na aprendizagem e não apenas em projetos simbólicos. Neste contexto de atores não humanos, assume-se que os Centros de Ciência podem ser atores que participam, influenciam, promovem e intervêm na proposta didática. A metodologia consiste em identificar os problemas conceituais dos alunos por meio da aplicação de um instrumento para implementar a estratégia didática em rede, conectando atores humanos e não humanos e, assim, identificando as transformações conceituais produzidas.

Palavras-Chave: Educação científica. Ensino em astronomia. Investigação em educação.

1. Introducción

Frecuentemente se considera que la enseñanza de la Astronomía juega un papel esencial en la educación científica de la sociedad. La Astronomía

es la ciencia que estudia los componentes del universo, es una experiencia ideal para el desarrollo integral de las personas, especialmente de los niños y las niñas; ayuda a comprender nuestra naturaleza y diversidad; es una ciencia que tiene fuertes

[2]

conexiones con la filosofía, las artes y el desarrollo humano. Desafortunadamente, no todos tienen acceso a las maravillas del cosmos y la comprensión del universo. A los niños y niñas no se les enseña explícitamente Astronomía dentro del sistema educativo, muchas veces por el equivocado supuesto de que no son capaces de entender ideas científicas, por otra parte, no es común contar con lugares apropiados para la enseñanza de la Astronomía ni para la divulgación de la misma.

El interés por el estudio de la Astronomía en el Departamento de Nariño surgió con la fundación del Observatorio Astronómico en el año 2002. La experiencia en este emprendimiento académico, ha generado respaldo, confianza y aprobación a nivel institucional y gubernamental para formular el proyecto denominado “Construcción del Centro de Ciencias de la Universidad de Nariño para la Apropiación del Conocimiento de las Ciencias Astronómicas y Espaciales en la Población del Departamento de Nariño y sus Alrededores”, el cual fue aprobado por el Sistema General de Regalías en marzo de 2022, para su financiación por un valor aproximado de 27 mil millones. El Centro de Ciencias, contará con un nuevo Observatorio Astronómico dotado con instrumentación de alta tecnología, pionera en Colombia; además, se construirá un planetario y, abrirá las puertas para realizar cursos, diplomados y otras actividades de formación continuada, dirigidos a toda la población del Departamento de Nariño y sus alrededores.

Para enfrentar el reto de la educación en Astronomía, es necesario contribuir a la producción de conocimientos y proponer el desarrollo de prácticas docentes innovadoras e interdisciplinarias. En ese contexto, los Centros de Ciencia proporcionan posibilidades singulares para los procesos de enseñanza y aprendizaje de la Astronomía.

La futura investigación tiene como objetivo analizar cómo los niños y niñas de la básica primaria perciben e interactúan con el Centro de Ciencias y qué transformaciones ocurren en sus conceptos y discursos en esta interacción. Para ello, utilizaremos el referente teórico y metodológico de la Teoría del

Actor-Red - ANT (Latour, 2008), a partir del concepto de actante, que puede ser un agente humano o no humano, y asumir dos roles distintos: de mediador, cuando sus acciones o asociaciones en la red producen transformaciones; o el de intermediario, cuando el agente tenuemente transmite o reproduce las acciones o asociaciones existentes sin modificar a la red y a los otros actantes.

De este modo, nos interesa enfrentar dos hipótesis: primera: los estudiantes no comprenden los enunciados básicos de la astronomía, formulados en los estándares básicos de competencia porque la enseñanza de la misma se realiza de manera breve, de forma teórica y por personal no formado en el área; segunda: es posible superar estas dificultades mediante la implementación de una secuencia didáctica que aproveche el Centro de Ciencias junto con su instrumentación científica y la teoría del Actor-Red, con el fin de profundizar en el aprendizaje de la astronomía.

La metodología consistirá en la aplicación de cuestionarios y entrevistas a los niños y niñas de básica primaria, para analizar la transformación de los conceptos y discursos, antes y después de configurar la red y desarrollar la secuencia didáctica en el marco de la ANT.

En síntesis, esperamos contestar a la siguiente pregunta conductora, ligada con la segunda hipótesis: ¿en qué contextos los niños y niñas conciben el Centro de Ciencias como mediador en los procesos de enseñanza y de aprendizaje de la Astronomía o como intermediario de estos procesos?

2. Marco de Referencia

A continuación, se enuncian los principales referentes teóricos que planeamos abordar en la investigación, en los cuales se establece la conceptualización teórica y epistemológica del trabajo, a saber: la investigación en educación astronómica y la teoría del Actor-Red, esta última como referente teórico y metodológico para realizar el estudio.

2.1. Educación en Astronomía

La investigación en educación ha considerado durante mucho tiempo el aprendizaje de los estudiantes sobre temas de astronomía y ciencias espaciales, pero la investigación en educación astronómica - IEA como un subcampo de la investigación educativa basada en disciplinas es relativamente nueva (Bailey 2011).

Es importante indagar sobre este campo de estudio, y abordarlo desde diversos enfoques que permean todo el campo de interés.

Un primer enfoque hace referencia al desarrollo histórico-epistemológico de la investigación en educación astronómica, la cual se refiere, por una parte, a los métodos que se utilizan actualmente para enseñar la ciencia de la astronomía y, por otro lado, se concibe como un área de investigación pedagógica que busca mejorar esos métodos. Específicamente, la IEA incluye técnicas sistemáticas perfeccionadas en la educación en ciencias para comprender qué y cómo aprenden los estudiantes sobre astronomía y determinar cómo los maestros pueden crear entornos de aprendizaje más efectivos (Bretones, 2019).

El segundo enfoque, se centra en la revisión de la documentación sobre los temas de Astronomía que se enseñan en el sistema educativo. Para ello, es necesario revisar los lineamientos curriculares de ciencias naturales y educación ambiental (MEN, 1998) y los estándares básicos de competencias para el área de ciencias naturales. Estas dos orientaciones, establecen criterios claros y públicos para conocer lo que deben aprender los niños y niñas, y marcan el punto de referencia de lo que están en capacidad de saber y saber hacer, en cada una de las áreas y niveles; por ello, son guía referencial para que todas las instituciones escolares de Colombia ofrezcan la misma calidad de educación.

En los estándares básicos de competencias se establece una organización por grados escolares, centrada en tres aspectos: aproximación al conocimiento como científicos naturales, apropiación de conocimientos específicos de las ciencias naturales, y desarrollo de compromisos

personales y sociales (Schmidt, 2006). El objetivo es reconocer entre los lineamientos curriculares y los estándares básicos de competencia, los temas relacionados con la enseñanza de la Astronomía y seleccionar aquellos que se evaluarán y se trabajarán posteriormente en la secuencia didáctica. En este segundo enfoque, también se analizarán los libros de texto que fundamentan los estándares básicos de competencias en Colombia.

Debido a que trabajar todos las temáticas de los estándares de competencia resulta muy extenso, se piensa trabajar con el estándar de competencia de los grados cuarto y quinto, dentro de la categoría entorno físico, denominado: “Describo los principales elementos del sistema solar y establezco relaciones de tamaño, movimiento y posición” (MEN, 1998).

En el tercer enfoque, se identificarán trabajos concernientes a los problemas conceptuales percibidos en la comprensión de las temáticas de Astronomía; estos trabajos pueden ser tesis de maestría o doctorado, y artículos científicos, dentro del marco de la investigación en educación astronómica; es muy importante comprender las creencias previas de los estudiantes sobre la naturaleza del Universo, ya que constituye un primer paso para mejorar la enseñanza de la Astronomía (Balfour, 2010). Este enfoque también cubrirá los trabajos realizados respecto a las dificultades encontradas en la enseñanza y el aprendizaje de esta ciencia.

Por último, el cuarto enfoque abarcará el estudio de trabajos relacionados con propuestas innovadoras, pedagogías emergentes, estudios de caso, entre otras experiencias extracurriculares de enseñanza de la Astronomía

2.2. Centro de Ciencias

El Centro de Ciencias de la Universidad de Nariño, es un proyecto financiado por el Sistema General de Regalías, aprobado en marzo de 2022; consiste principalmente en la construcción de infraestructura física para la implementación de un observatorio astronómico profesional, edificio con espacios académicos (aulas, salas de informática,

laboratorios), planetario e instrumentación científica para la investigación y divulgación de la Astronomía y otras ciencias, la Figura 1 muestra el diseño arquitectónico del edificio de investigación.



Figura 1. Diseño arquitectónico edificio de investigación - Proyecto Construcción del Centro de Ciencias - Udenar.

Se espera que el proyecto se implemente y entre en funcionamiento en el año 2024. Una vez puesto en marcha, será el escenario para formalizar esta investigación y otras encaminadas a la educación en Astronomía.

La instrumentación científica con la que contará el Centro de Ciencias es el soporte fundamental de esta propuesta de investigación, dado que, es la interacción entre los actores “no humanos” y los actores “humanos”, la que se pretende establecer a través de una secuencia didáctica para el aprendizaje de la Astronomía.

El principal referente instrumental con el que contará el Centro de Ciencias es el telescopio PW1000, de 1 m de diámetro <https://planewave.com/product/pw1000-1-meter-observatory-system/>; además, el observatorio dispondrá de telescopios solares, cámaras CCD, espectrómetros, filtros y una estación meteorológica.

2.3. Teoría del Actor-Red

Los investigadores del Centro de Ciencias, interesados en los procesos educativos, reconocerán en esta propuesta de investigación el poder de la Teoría del Actor-Red (TAR) para analizar los cambios que se generan cuando se integra la agencia de las entidades no-humanas en el desarrollo de estos procesos (Candela, 2020).

La Teoría del Actor-Red (ANT) surge con los estudios de ciencia y tecnología llevados a cabo por Bruno

Latour, Michel Callon y John Law (Latour, 2007), en el contexto de la sociología del conocimiento científico.

La ANT, representa una separación de las diferenciaciones tradicionales como naturaleza/sociedad, sujeto/objeto, macro/micro, las cuales son excluidas de las explicaciones para entender procesos de constitución de realidades (Domènech y Tirado, 1998). Este referente teórico y metodológico resalta la importancia de lo tecnológico en la comprensión del mundo, considerándolo de forma similar a la manera en que se trata lo social, para ello observa las redes que se conforman en la producción de conocimiento, analizando y observando el entorno de los científicos cuando llevan a cabo sus proyectos e investigaciones, enfatizando en que nadie actúa solo y que hay un gran número de actantes que influyen (Latour, 2008).

Los planteamientos de Latour explican lo que sucede con las tecnologías en la actualidad desde una perspectiva híbrida y sin distinciones, una nueva perspectiva ontológica que le otorga a los objetos una agencia (capacidad que posee una persona u otra identidad para actuar en un mundo) similar a la de los sujetos en la que priman los vínculos, las relaciones y las interacciones. La teoría hace posible la reflexión sobre cómo las tecnologías conforman, concuerdan o convienen seres humanos, experiencias, actitudes, pensamientos y acciones, y cómo estos, a su vez, los transforman en una red en donde la narrativa adquiere especial importancia. La Teoría del Actor-Red ha sido aplicada en diversos contextos escolares en los cuales se estudia la interacción entre docentes y alumnos en aulas de clases de ciencias de diferentes niveles educativos. El propósito de estos estudios ha sido mostrar cómo enriquece la ANT el análisis de las prácticas cotidianas en estos espacios.

La incorporación de recursos teóricos provenientes de la ANT permite explorar la agencia de los elementos no humanos, que hace posible estudiar la complejidad de las prácticas educativas en las aulas y los cambios que se pueden alcanzar al analizar la

interacción entre entidades humanas y no-humanas (Candela, 2020).

Para una mejor comprensión de la ANT, es necesario explicar los principales conceptos que la fundamentan, algunos de los cuales ya se han mencionado, estos son la idea de actor/actante, mediadores, intermediarios, redes y traducción. La teoría se caracteriza por ser un enfoque que hace posible seguir o rastrear cosas, lo que Latour llama actantes que pueden ser representados por personas, máquinas, animales, plantas, laboratorios, textos, artefactos tecnológicos, etc.

Los actantes son los mediadores que según Latour (2012) constituirán redes entre ellos y se asociarán con otras entidades, moviendo y transformando estas redes. Las redes pueden realizarse a partir de la agencia/acción de sus actantes. Pueden estar en constante movimiento y configurarse para formar otras redes (Melo, 2011).

De acuerdo con Latour (1994), los mediadores son los actores que tienen la capacidad de transformar continuamente las relaciones entre entidades, haciéndolas realizar cosas, asociaciones o interacciones; por su parte, las entidades que participan en la red, sin transformarla ni redefinirla, se denominan intermediarias.

Otro concepto importante es el de redes; en la concepción de la ANT, las redes no deben entenderse en sentido cibernético, sino como flujos, circulaciones, alianzas y movimientos en los que los actantes involucrados sufren constantes interferencias (Freire, 2006).

En la concepción de Bruno Latour, para comprender la producción de un hecho, de un concepto científico, se debe observar las redes de actantes que están en actuación a través de alianzas. Este fenómeno, según Latour hacer referencia a combinar intereses diferentes en un solo objetivo compuesto.

Desde la perspectiva de Latour (1996), la ANT tiene en cuenta diversos elementos de la teoría de redes; además ha sido ampliamente utilizada para el estudio de las relaciones que permiten la productividad científica y tecnológica, así como la

identificación de los roles de los distintos actores que intervienen en dicha productividad.

En este sentido, Ortega y Arellano (2010) señalan que, en el estudio de comunidades científicas, las fronteras entre sociedad y naturaleza se disuelven dado que características que antes podían ser atribuidas únicamente a seres humanos, en el ámbito científico aparecen relacionadas con elementos que no son humanos, por ello explicar la realidad a partir de la dualidad entre las concepciones de lo social y lo natural ya no son necesarias.

Latour (1983) resalta que la noción de traducción aplicada al análisis de la ciencia como producción social, hace posible entre otras cosas:

- ✓ Traducir los resultados de la ciencia a lenguajes no científicos, lo que favorece el diálogo entre los científicos y distintos actores sociales o actantes, así como también la reunión y fusión de intereses distintos en torno a un hecho científico.
- ✓ Considerar elementos de fuera del laboratorio (lugar de producción de la ciencia) para observarlos y comprenderlos y de esta manera traducirlos a aspectos de interés para otras poblaciones no científicas quienes atribuyen a los hallazgos científicos diferentes significados.
- ✓ La ocurrencia de movilizaciones de objetos, personas, términos, significados, así como entre lo micro y lo macro, lo interno y lo externo (al laboratorio), la pequeña escala (en el laboratorio) y la gran escala (en la sociedad). Estas movilizaciones hacen que la ciencia se fortalezca cuando puede resolver un problema que afecta a un sector particular de la sociedad.
- ✓ Identificar las redes de relaciones y los distintos actores con los que los científicos interactúan, así como las transformaciones que se generan a partir de los desplazamientos que se dan gracias al trabajo en los laboratorios, donde fuera de sus límites físicos las personas pueden ver los resultados de la ciencia.

- ✓ Comprender el laboratorio en el contexto social en el que opera y en el que ocurren los hechos científicos, lo mismo que el poder que tiene la ciencia por medio del conocimiento que producen los científicos. En este sentido, el laboratorio además de ser el escenario particular de los científicos es el elemento que les otorga fuerza y poder ante la sociedad, siempre y cuando logren traducir sus resultados a un lenguaje interpretable para la mayoría de la población.

Ortega (2013), describe cuatro momentos para la aplicación de la ANT que se describen a continuación:

- ✓ La problematización. Aquí se define el objeto o la cuestión de la investigación, de manera que los actores se interesen en ese objeto o en esa cuestión y circunscriban su definición.
- ✓ La participación. Aquí los investigadores establecen alianzas con los actores implicados con la problemática, construyen su sistema de asociaciones formando estructuras sociales específicas.
- ✓ El enrolamiento. Aquí se definen y atribuyen los roles a los actores. Los roles no están necesariamente predefinidos, sino que se construyen progresivamente y se estabilizan durante esta etapa.
- ✓ La movilización. Aquí los actores se asocian a través de sus delegados o representantes lo que permite reducir el número de interlocutores y homogeneizar los puntos de vista, los intereses y los lenguajes.

Reconocer estos momentos permite identificar cómo se construye una red, el problema clave que posibilita el involucramiento de los diversos actantes, los actantes participan en ella y sus diferentes conexiones e interacciones, las negociaciones que llevan a cabo, las intervenciones que los distintos participantes en la red hacen sobre los objetos técnicos y naturales y la sociedad y los acuerdos a los que llegan apoyados en el soporte material de los actantes no humanos implicados.

La idea central que atraviesa la futura investigación es intentar descifrar qué tipo de agente es el Centro de Ciencias y abrir la discusión al respecto desde una perspectiva sociológica.

2.4 Secuencia didáctica

Las secuencias didácticas se definen como un conjunto de actividades ordenadas, estructuradas y articuladas que, con la mediación de un docente, buscan el logro de determinadas metas educativas, considerando una serie de recursos, tienen un principio y un fin conocido por estudiantes y profesores. (Tobon, 2010).

La secuencia didáctica que se formulará en esta investigación debe constituirse en un objeto sociotécnico, que permita indagar cómo se pueden lograr conocimientos, comprensiones, percepciones sobre la Astronomía a través de actividades en las que se destaca la interacción con el Centro de Ciencias.

Dichos sistemas objetos o sistemas sociotécnicos pueden estar compuestos por elementos tecnológicos que hace referencia a la instrumentación científica, infraestructura física, equipos de cómputo; puede incluir también, organizaciones públicas y privadas o incorporar componentes científicos como libros, artículos, profesores universitarios y software. Hughes (2011) propone que los asuntos políticos y legislativos tales como las leyes y los reglamentos también forman parte del sistema.

La Figura 2 presenta un esquema de los aspectos que involucra un sistema sociotécnico y sus relaciones.

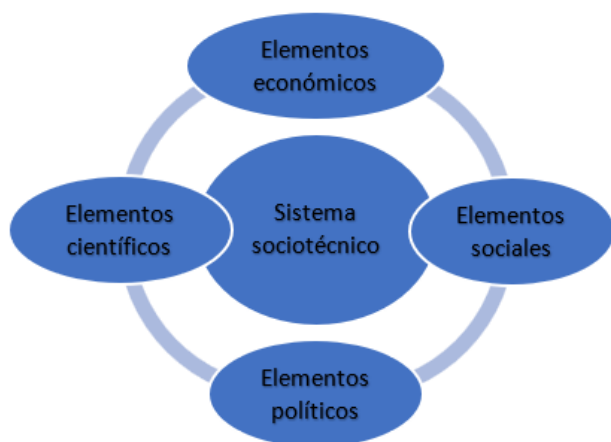


Figura 2. Sistema sociotécnico. Elaboración propia.

Utilizando la ANT como herramienta de análisis, se buscará identificar y describir la agencia de los actantes que participan en los momentos de aprendizaje que la secuencia didáctica hará posible.

3. Metodología de la propuesta de investigación

Para llevar a cabo la futura investigación se propone un estudio multimodal, que reúne la investigación con enfoque cualitativo y cuantitativo. Se realizará un estudio con estudiantes de básica primaria de Instituciones Educativas Oficiales de la Ciudad de Pasto. Para el cumplimiento de los objetivos es necesario llevar a cabo los siguientes pasos:

A) Se intentará evaluar y describir cuáles son los discursos, ideas previas, saberes, que tienen los niños y niñas de básica primaria de colegios públicos y privados, rurales y urbanos de la ciudad de Pasto, sobre el concepto de sistema solar, relaciones de tamaño, movimiento y posición a través de cuestionarios y entrevistas, en la preparación de dicho instrumento se debe tener en cuenta las técnicas tradicionales de investigación educativa, en particular, las aportaciones de la investigación en educación científica.

Los ítems que se evaluarán se seleccionarán de la revisión de antecedentes del enfoque tres; en lo posible, se escogerán ítems ya utilizados, que contribuya a su validación (Fons, 2014). Las preguntas se evaluarán respecto a unas categorías específicas, resultando finalmente en un estudio estadístico cuantitativo.

B) Se trabajará en la conformación de la red, identificando los diferentes actantes y sus respectivos roles. Aquí se diseñará y aplicará la secuencia didáctica de una manera colaborativa y dinámica.

El enfoque de un análisis basado en la ANT consiste en establecer cómo se realizan los procesos, quién actúa y cómo actúa, y cómo esta actuación puede transformar, influir, limitar o definir la realidad.

Este enfoque posibilita investigar el proceso de enseñanza y de aprendizaje movilizado por la secuencia didáctica como práctica sociotécnica, incorporando también entidades no humanas como fundamentales para la comprensión de la red sociotécnica (Sayes, 2014). La secuencia didáctica que se formulará debe constituirse en un objeto que permita indagar cómo se pueden lograr conocimientos, comprensiones, percepciones sobre la Astronomía a través de actividades en las que se destaca la interacción con el Centro de Ciencias.

Para Latour (2012), después de haber identificado los actantes y sus acciones, se puede entender las movilizaciones, movimientos y transformaciones. En ese punto, el investigador pone a prueba su trabajo a través de su escritura, que se configura como su descripción del rastreo de asociaciones.

C) Se determinará si los estudiantes evidencian una transformación o traslaciones en el concepto de sistema solar, relaciones de tamaño, movimiento y posición respecto a lo percibido en el primer estudio, una vez hayan participado de la secuencia didáctica.

4. Resultados

A continuación, en este apartado se expondrán algunos resultados iniciales de nuestra investigación, correspondiente a la elaboración previa del cuestionario inicial, la secuencia didáctica y la conformación de la red.

4.1 Cuestionario reconocimiento previo de saberes

En la Tabla 1 se muestra un ejemplo de ítems que conformarán el cuestionario inicial presentado a los niños y niñas.

Las respuestas a cada una de las cuestiones planteadas para el análisis han sido categorizadas en correctas (2), parcialmente correctas (1) e incorrectas (0).

Tabla 1. Cuestionario inicial para evaluar el desempeño en el estándar de competencia: “Describo los principales elementos del sistema solar y establezco relaciones de tamaño, movimiento y posición”.

Ítem	Criterio de valoración		
	0	1	2
Si representáramos al Sol por un cuerpo del tamaño de una pelota de fútbol, ¿qué tamaño, aproximadamente, podría representar a la Tierra?, ¿qué tamaño tendría Júpiter?, ¿y Neptuno?	Respuesta incorrecta.	La respuesta guarda las proporciones, aunque no da con la escala.	Acierta con las proporciones y con el orden de magnitud.
¿Por qué los planetas cuando están más cerca del Sol se mueven más rápido, mientras que cuando están más lejos lo hacen más lentamente?	Respuesta incorrecta.	Hace un esquema sobre las áreas, pero no logra explicarlo correctamente.	Explica correctamente e la ley de las áreas mediante un esquema.
Construya un esquema del Sistema Solar con sus componentes en el orden respectivo.	Respuesta incorrecta.	Dibuja el Sistema Solar pero solamente con el Sol y los planetas.	Dibuja el Sistema Solar con todos sus componentes.
...

Ítems cuestionario inicial de entrada. **Fuente:** Elaboración propia.

4.2 Construcción de la secuencia didáctica

La secuencia didáctica que se planea elaborar constituye un objeto sociotécnico, que permitirá investigar cómo mejorar la enseñanza y el aprendizaje de la Astronomía a través de diversas actividades en las que se destacan la presencia de

elementos científicos, económicos, políticos y sociales.

Utilizando la Teoría del Actor-Red como herramienta metodológica de análisis, se buscará identificar y describir la agencia de los actantes que participen en los momentos de aprendizaje posibilitados por la secuencia didáctica. A continuación, se presenta en forma de esquema, en la Figura 3, la descripción de uno de los momentos que contendrá la secuencia didáctica, los aprendizajes esperados, las actividades que se pretenden desarrollar y los recursos disponibles.



Figura 3. Momento secuencia didáctica. **Fuente:** Elaboración propia.

Los datos serán recolectados a partir de la aplicación de la secuencia didáctica. Se espera que en la aplicación se presenten adaptaciones, muchas de ellas derivadas de eventualidades inherentes a las situaciones presentadas en los encuentros y reuniones. Durante la aplicación, los fenómenos observados serán registrados en un diario de campo y los registros documentales de los estudiantes serán archivados a medida que se realicen las actividades.

El diario de campo es una técnica, que recoge todas las observaciones e impresiones del investigador en el campo, por ello, se empleará esta técnica como un método de recolección de datos, de descripción de los procesos y estrategias de la propia investigación y análisis de las implicaciones subjetivas, (El-Hammout, 2002).

4.3 Análisis de los datos y observaciones

Partiendo desde la perspectiva de la ANT, se construirán diagramas que muestren las

asociaciones y las desviaciones o nuevas asociaciones resultantes de las traducciones ocurridas durante los momentos de aplicación de la secuencia didáctica (Costa, 2017). Para ello, se considerará un seguimiento durante la aplicación de la secuencia didáctica que permita observar dichas asociaciones y nuevas asociaciones entre los actantes involucrados, este seguimiento se representará mediante la curva roja de la Figura 4 (Costa, 2017).

La línea roja se desvía hacia la izquierda y hacia la derecha, lo cual permitirá entender la construcción de asociaciones y nuevas asociaciones, respectivamente. Si bien las desviaciones implicarán un alejamiento de la propuesta inicial de las actividades de la secuencia didáctica, serán importantes para el proceso de aprendizaje, pues constituyen una nueva asociación no planeada entre los actantes, los cuales serán mapeados a partir del análisis de la aplicación de la secuencia, a partir de las impresiones reportadas en el diario de campo. Cada vez que un determinado tema/elemento entre en las discusiones, se lo definirá como un actante mediador, ya que contribuirá al desempeño de la red.

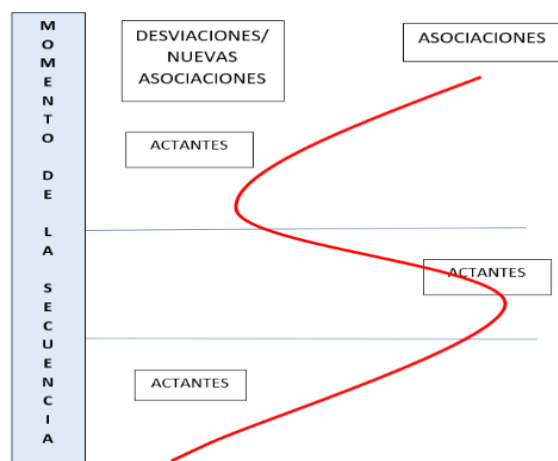


Figura 4. Diagrama de traslaciones. **Fuente:** ReBECM, Cascavel, (PR), v.4, n. 2, p. 165-188, ago. 2020 Edição Especial - Educação Ambiental e Ensino de Ciências: pesquisas e práticas pedagógicas.

5. Consideraciones finales

La revisión teórica que respalda la propuesta de investigación planeada en este documento permite comprender que cada persona tiene su aprendizaje vinculado a una red que se sostiene y produce por una asociación entre humanos y no humanos. Por lo tanto, se espera que, en el transcurso de las actividades propuestas en la secuencia didáctica, el aprendizaje se dé a través de la asociación de los niños y niñas con diferentes actantes, que sus discursos, conceptos y conocimientos se traduzcan/transformen y que puedan imprimir su impronta, logrando así el aprendizaje de la Astronomía, se espera que en los futuros datos se evidencien movimientos de traducción, es decir, situaciones que muestren la asociación entre humanos y no humanos, entre sujetos y objetos.

La expectativa es permitir que los niños y niñas movilicen conocimiento utilizando su propio contexto social y cultural. De esta forma, se apuesta a que el Centro de Ciencias se transforme en un espacio de enseñanza y de aprendizaje que pueda expandir la mente y transformarla para que los sujetos se perciban como parte del problema y también encuentren en sí mismos la solución.

6. Referencias

- Bailey, J. M. (2011). Astronomy education research: Developmental history of the field and summary of the literature. Commissioned paper for the National Research Council Board on Science Education's Committee on the Status, Contributions, and Future Directions of Discipline Based Education Research.
- Balfour, J., & Kohnle, A. (2010). Testing conceptual understanding in introductory astronomy. *New Directions in the Teaching of Physical Sciences*, (6), 26-29.
- Bretones, P. S. (2019). Astronomy education research: impact and future directions. In *EPJ Web of Conferences* (Vol. 200, p. 01022). EDP Sciences.
- Candela, A., Naranjo, G., Riva, M. D. L., Moreno, J., & Rey, J. (2020). Teoría del actor-red y contextos escolares. *Revista mexicana de investigación educativa*, 25(86), 689-717.
- Domènech, M., & Serrano, F. J. T. (Eds.). (1998). *Sociología simétrica: ensayos sobre ciencia, tecnología y sociedad* (pp. 18-29). Barcelona: Gedisa.

- El Hammouti, N. (2002). Diários etnográficos profanos na formação e pesquisa educacional. *Revista europea di etnografia dell'educazione*, 1(2), 9-20.
- Fons, R. P. (2014). Enseñanza y aprendizaje de la Astronomía en el bachillerato. *Enseñanza de las ciencias: revista de investigación y experiencias didácticas*, 699-700.
- Freire, P. (2006). *Pedagogía de la indignación*. Ediciones Morata.
- Jorge Sierra, E. (2011). Thomas Hughes y los sistemas tecnológicos. *Sociología de la Tecnología*.
- Latour, B. (1983). Dadme un laboratorio y levantaré el mundo. publicación original: Give me a Laboratory and I Will Raise the World en Knorr-Cetina, Karim y Michael Mulkay (eds.), *Science Observed: Perspectives on the Social Study of Science*, Londres, Sage, 141-170
- Latour, B. (1994). On technical mediation. *Common knowledge*, 3(2).
- Latour (1996). On actor-network theory. A few clarifications plus more than a few complications. *Soziale Welt*, (47), 369-381.
- Latour, B. (2007). *Reassembling the social: An introduction to actor-network-theory*. Oup Oxford.
- Latour, B. (2008). *Re-ensamblar lo social. Una introducción a la teoría del actor-red*. Buenos Aires: Manantial.
- Melo, M. D. F. A. D. (2011). Discussing learning under actor-network theory perspective. *Educar em Revista*, 177-190.
- Ministerio de Educación Nacional. (1998). *Lineamientos curriculares: Ciencias naturales y educación ambiental*.
- Ortega, C. & Arellano, A. (2010). *Relaciones sociales y de genes. El primer vegetal transgénico mexicano*. México: Editorial Miguel Ángel Porrúa.
- Ortega, C. (2013). Del laboratorio al campo: la historia inconclusa de la papa transgénica en México. En A. Arellano, M. Chauvet y R. Viales (Coord.), *Redes y estilos de investigación: Ciencia, Tecnología, Innovación y Sociedad en México y Costa Rica* (pp. 87-113). México: Editorial Miguel Ángel Porrúa.
- SANTOS, F. C. D. (2017). *Sequência didática para o ensino fundamental: trilhas para investigar a aprendizagem em ambientes naturais e urbanos*. 2017.106 f (Doctoral dissertation, Dissertação (Mestrado Profissional em Ensino de Ciências), Universidade Federal de Ouro Preto, Ouro Preto).
- Sayes, E. (2014). Actor–Network Theory and methodology: Just what does it mean to say that nonhumans have agency? *Social studies of science*, 44(1), 134-149.
- Schmidt, Q. (2006). Estándares básicos de competencias en lenguaje, matemáticas, ciencias y ciudadanas: guía sobre lo que los estudiantes deben saber y saber hacer con lo que aprenden [1].
- Tobón, S. T., Prieto, J. H. P., & Fraile, J. A. G. (2010). *Secuencias didácticas: aprendizaje y evaluación de competencias* (Vol. 1, p. 216). México: Pearson educación.

ARDUINO UNO, OPORTUNIDAD DE APRENDIZAJE EN LA ENSEÑANZA DEL SONIDO

ARDUINO UNO, LEARNING OPPORTUNITY IN THE TEACHING SOUND

ARDUINO UNO, OPORTUNIDADE DE APRENDIZADO NO ENSINO DE SOM

Angye Alejandra Quiroga Ávila 1*, Laura Natalia Bobadilla Estupiñán 2**

Diego Fernando Becerra Rodriguez 3***

Quiroga-Avila A.; Bobadilla, L.; Becerra, D. (2022). Arduino uno, oportunidad de aprendizaje en la enseñanza del sonido. *Góndola, Enseñanza y Aprendizaje de las Ciencias*, Número especial, v18, pp.1-12.

Resumen

La presente experiencia tiene como objetivo responder a la pregunta ¿Cómo la implementación del Design Thinking como metodología de Innovación permite a los estudiantes de grado 11° de la institución Educativa Fagua identificar las características principales del sonido por medio del uso de Arduino uno?, puesto que, debido a la infraestructura de la institución, la contaminación auditiva desfavorece los procesos de enseñanza y aprendizaje. La metodología implementada para desarrollar esta experiencia fue el design thinking; esta estrategia permitió observar el problema, proponer un plan de acción, implementarlo y finalmente evaluarlo. Los principales resultados obtenidos fueron el desarrollo de una herramienta denominada semáforo de ruido en la que los estudiantes lograron determinar si la altura del sonido interfería en la intensidad que este provocaba, determinando por ellos luego del desarrollo del circuito que la altura interfiere en la intensidad pues, tanto sonidos agudos como graves pueden ser emitidos con la misma intensidad.

Palabras-Clave: Sonido. Experimentación. Circuito.

Abstract

The present experience aims to answer the question How the implementation of Design Thinking as an Innovation methodology allows 11th grade students of the Fagua Educational Institution to identify the main characteristics of sound using Arduino one? since, due to the infrastructure of the institution, hearing pollution disfavors the teaching and learning processes. The methodology implemented to develop this experience was design thinking. This strategy allowed us to observe the problem, propose an action plan, implement it, and finally evaluate it. The main results obtained were the development of a tool called noise traffic light in which the students managed to determine if the height of the sound interfered with the intensity that it caused, determining for them after the development of the circuit

* Estudiante de Licenciatura en Ciencias Naturales, Universidad de La Sabana. Colombia. angyequav@unisabana.edu.co - ORCID <https://orcid.org/0000-0001-9282-117X>

** Maestría en Gerencia de la Innovación. Universidad de La Sabana. Colombia. lauraboies@unisabana.edu.co - ORCID <https://orcid.org/0000-0001-7271-7164>

*** PhD. en Ciencias en Física Educativa. Universidad de La Sabana. Colombia. diego.becerra2@unisabana.edu.co - ORCID <https://orcid.org/0000-0003-3881-7289>

that the height interferes with the intensity because, both acute and low sounds can be emitted with the same intensity.

Keywords: Sound. Experimentation. Circuit.

Resumo

A presente experiência tem como objetivo responder à pergunta Como a partir de Arduino é possível implementar um projeto para realizar o som do ensino e reflexão dos alunos sobre a poluição auditiva no 11º ano de uma instituição oficial?, uma vez que, devido à infraestrutura da instituição, a poluição auditiva desfavorecia os processos de ensino e aprendizagem. A metodologia implementada para desenvolver essa experiência foi o design thinking, essa estratégia permitiu observar o problema, propor um plano de ação, implementá-lo e, finalmente, avaliá-lo. Os principais resultados obtidos foram o desenvolvimento de uma ferramenta chamada semáforo de ruído em que os alunos conseguiram determinar se a altura do som interferiu na intensidade que causou, determinando para eles após o desenvolvimento do circuito que a altura interfere na intensidade porque, tanto sons agudos quanto baixos podem ser emitidos com a mesma intensidade.

Palavras-Chave: Som. Experimentação. Circuito.

1. Introducción

La sociedad ha venido cambiando y con ello, las expectativas e intereses que tienen los estudiantes sobre su proceso educativo y construcción de conocimiento. Se considera que, antes, los procesos educativos se basaban en espacios magistrales en los que el docente se centraba en dirigir la clase y el estudiante en “tomar los conocimientos” copiando información; ahora, el estudiante está buscando un aprendizaje de tipo experiencial, en el que se genere un vínculo entre la teoría y la realidad, los fenómenos y la práctica, con el fin de darle un contexto vivencial al conocimiento aprendido.

En este sentido, y para dar respuesta a esta búsqueda e intereses de los estudiantes, surge la innovación educativa, la cual se define según la Unesco (2014) como “un acto deliberado y planificado de solución de problemas, que apunta a lograr mayor calidad en los aprendizajes de los estudiantes, superando el paradigma tradicional. Implica trascender el conocimiento academicista y pasar del aprendizaje pasivo del estudiante a una

concepción donde el aprendizaje es interacción y se construye entre todos”.

Vale la pena resaltar que, en los procesos de innovación educativa, se genera un cambio en el proceso de enseñanza y aprendizaje y toma como base a las personas, el conocimiento, los procesos y la tecnología. Y este cambio, impulsado por el docente o la institución, se debe realizar de manera significativa, involucrando los materiales, métodos, contenidos o los contextos implicados en la enseñanza.

Debido a lo anterior, en el desarrollo de esta investigación se tuvo en cuenta cómo el Design Thinking puede ser una estrategia que permite afianzar el conocimiento, y cómo sus propuestas pueden ser de utilidad en la generación de estrategias de intervención en los procesos de enseñanza y particularmente, en la enseñanza de las Ciencias Naturales. En este sentido, se establece como objetivo principal de esta investigación minimizar la contaminación auditiva en el aula clase de grado 11° de la Institución Educativa Oficial Fagua

en Chía Cundinamarca, por medio de la construcción de un semáforo medidor de ruido para mejorar el ambiente de aprendizaje durante el desarrollo de las orientaciones pedagógicas.

Este proceso de investigación se desarrolla en el marco del seminario Desarrollo del Pensamiento Científico de la Licenciatura en Ciencias Naturales, que cursan profesores de Ciencias Naturales en formación, en la Facultad de Educación de la Universidad de La Sabana. En él, se propuso llevar a cabo una experiencia por medio de la cual se pudiera implementar la herramienta Arduino uno, con la finalidad de aportar a la solución de alguna problemática educativa real evidente en la institución. La implementación se llevó a cabo en la Institución Educativa Oficial Fagua, ubicada en el sector Leonor de la vereda de Fagua en uno de los sectores rurales del municipio de Chía.

Para lograr el objetivo, fue necesario identificar las principales fuentes de sonido que afectan los procesos de enseñanza y aprendizaje en la Institución Educativa Fagua, también, fue necesario diseñar una ruta de experimentación en la que se abordara el tema de sonido usando la estrategia de experimentación, para luego, proponer una herramienta que permita potenciar los aprendizajes de los estudiantes frente al tema del sonido, por medio del cual se puedan llevar a cabo reflexiones sobre las actitudes que favorecen y desfavorecen los procesos de enseñanza y aprendizaje.

En este sentido, se considera pertinente resaltar la pertinencia y relevancia que tiene para la educación en Ciencias Naturales llevar a cabo esta experiencia, puesto que permite a los estudiantes pensar científicamente y hacer uso de habilidades en el proceso de construcción de la solución de problemas de la contaminación auditiva, pues esta contaminación es un problema que afecta directamente los procesos de enseñanza y aprendizaje de las distintas disciplinas. Así mismo, esta experiencia permite a los estudiantes de grado 11° de la institución, hacer uso de sus conocimientos

adquiridos mediante el desarrollo del programa técnico enfocado en la electricidad y la electrónica dirigido por la institución de educación superior SENA, este programa se desarrolla desde grado 10°, en el cual, los estudiantes adquieren los conocimientos para lograr prototipar la herramienta y por medio de la programación de Arduino Uno lograrán identificar la cantidad de decibeles que se presentan en el aula.

Además, los estudiantes logran transformar los aprendizajes adquiridos desde la dimensión disciplinar, pero también demuestran el desarrollo de habilidades de carácter científico que les permiten llevar a cabo observación de procesos, interpretación de la información, transformación del conocimiento y desarrollo de productos, que demuestran cada uno de los elementos que se usan durante todo el proceso de formación.

1.1. Marco de referencia

El marco de referencia establecido para la investigación comprende tres factores, el primero habla de la contaminación auditiva y cómo esta puede afectar los procesos de educación en ciencias. Y la segunda habla de las propiedades de Arduino Uno como herramienta que posibilita la construcción de montajes experimentales que permiten la atención de problemáticas educativas reales, y el tercero, habla de las características del Design Thinking.

1.1.1 Contaminación Auditiva

La contaminación auditiva afecta no solo afecta la salud de la población mundial, sino que también afecta los procesos de formación en los estudiantes puesto que, dispersa la atención, impidiendo que se desarrollen correctamente los objetivos de la clase. Tal como lo menciona Males & Belén, (2020), la contaminación auditiva es relevante en los procesos de enseñanza y aprendizaje, porque al presentarse, afecta negativamente las orientaciones pedagógicas ya que, tanto el acto de aprender como el acto de

enseñar requieren de un alto grado de atención, condicionando los procesos de enseñanza y aprendizaje, beneficiando o impidiendo el desarrollo de las clases.

De acuerdo con lo anterior, cuando el ruido hace parte de los ambientes de aprendizaje se puede determinar que este ruido interfiere en las interacciones entre los docentes, los estudiantes y entre pares, siendo la comunicación la principal interacción afectada, pero también se dificulta la construcción de saberes, la memoria a corto plazo y las habilidades de lectura, entre otras. En este sentido y como lo exponen (Haines, 2001; Jiménez, 2012) cuando se evidencia la contaminación auditiva prevalece la pérdida de motivación dentro del aula y por ende el rendimiento académico disminuye.

Además, la exposición continua de la comunidad educativa a altos niveles de ruido puede provocar a largo plazo problemas de hipoacusia y pérdida de audición, afectando la salud tanto de los docentes como de los estudiantes, así mismo, esta continua exposición a altos niveles de ruido puede conducir a no alcanzar los objetivos previstos de aprendizaje en una propuesta de aula Shield, (2008) y Eysel, (2012), generando un impacto negativo que se genera a partir de ambientes de aprendizaje, afectando el rendimiento y la construcción del aprendizaje.

Así mismo, se puede determinar que estos patrones dentro del aula de clase inciden en un alto grado en los procesos de formación. Dentro del estudio realizado por Anderson, (1967) se pudo evidenciar que en grupos en los que se presenta altos niveles de ruido, comparado con grupos control en los que había poca cantidad de ruido, las puntuaciones de las pruebas fueron más bajas, en el primer grupo influyendo en el incremento de los problemas de comportamiento. Por otro lado, tanto Van Kempen, et al. (2010) y Yee Choi & McPherson (2005), coinciden en que los estudiantes que estaban expuestos a mayor cantidad de ruido solían cometer mayor número de errores tanto en pruebas simples

como en unas de mayor complejidad, afectando la memoria, la atención sostenida, el rendimiento académico y la percepción del habla.

Este problema se evidencia en mayor medida cuando se da un avance urbano rápido pues las labores comerciales, vías principales e industrias producen sonidos que pueden afectar a la tranquilidad de las personas, en este sentido, “La contaminación auditiva se refiere a niveles indeseables de ruidos causados por la actividad humana que interrumpen el nivel de vida en el área afectada.” Skye, J. (2016). En este sentido, es importante minimizar los decibeles que se presentan dentro de la institución para garantizar la educación de calidad.

De acuerdo con lo anterior García & Cortez, (2019), expone que debido al ruido se pierde la capacidad de aprendizaje, lectura, comprensión y resolución de problemas pues el ruido llama la atención de los estudiantes afectando en mayor medida la interpretación de la información, al respecto, en la tabla 1 se puede evidenciar los efectos de la contaminación del sonido en distintos decibeles. Se refiere a los pilares o fundamentos teóricos que sustentan el objeto de estudio o resolución del problema, este se diferencia de los antecedentes ya que desde allí se proyecta la solución del problema y el proceso metodológico ya sea en la investigación, desarrollo de experiencia o reflexión documentada.

Se sugiere que esta sección contenga subtítulos que ayuden a fundamentar los diferentes campos teóricos de acción, por ejemplo, de lo general del campo de estudio a lo particular del objeto en cuestión, o cualquier otra forma que el autor le quiera dar siempre que ayude a aclarar la perspectiva desde la cual se trabaja.

Tabla 1. Contaminación acústica y ruido.

Presión sonora	Ambientes o actividades	Sensación / efectos en el oído
140 – 160 dB	Explosión petarde a 1m	Daño permanente inmediatos del oído, rotura tímpano.
130 dB	Avión en despegue a 10m, disparo de fuego	Umbral del dolor
120 dB	Motor de avión en marcha, martillo neumático pilón (1m)	Daños permanentes en el oído a exposición de corta duración
110 dB	Concierto de rock, motocicletas a escape libre a 1m	Sensación insoportable y necesidad de salir del ambiente
100 dB	Sierra circular a 1m, discoteca, sirena de ambulancia a 10m	
90 dB	Calle principal a 10 m, taller mecánico	Sensación de molestia, daños permanentes al oído a exposición a largos tiempos
80 dB	Bar animado Calle ruidosa a 10 m	
70 dB	Coche normal a 10 m, aspiradora a 1m, conversación en voz alta	
60 dB	Conversación animada, televisión a volumen normal a 1m	Ruido de fondo agradable para vida social
50 dB	Oficina, conversación	

	normal a 1 m de distancia	
40 dB	Biblioteca, conversación normal a 1m de distancia	
30 dB	Frigorífico silencioso, dormitorio	
20 dB	Habitación muy silenciosa, rumor suave de las hojas de un árbol	Nivel de fondo necesario para descansar
10 dB	Respiración tranquila	
0 dB	Umbral de audición	Silencio

Fuente: Contaminación acústica y ruido, 2015 página 9, tomado de https://www.ecologistasenaccion.org/wp-content/uploads/adjuntos-spip/pdf/cuaderno_ruido_2013.pdf

El ruido emitido por el tráfico, el sonido de los motores y las fricciones que ocurren a su interior incrementan los niveles de decibeles, como lo menciona Figueroa & Lozano Tito, (2021), todo tipo de contaminación afectan a los tipos de atención que se encuentra en los seres humanos, afecta la atención selectiva, la atención sostenida, la atención dividida, la atención focalizada, la atención visual y la atención auditiva.

Por las razones anteriormente mencionadas, se hace necesario implementar una herramienta que minimice el ruido. Con la placa de Arduino uno es posible mejorar la calidad de educación pues al ser una herramienta programable permitirá, de acuerdo al objetivo en este caso medir los decibeles en el aula de clase, informar al docente si el ambiente está muy contaminado o si se encuentra en las condiciones óptimas para el aprendizaje, además, esta herramienta puede ser construida por

los estudiantes permitiendo llevar a cabo el trabajo en grupo, el trabajo colaborativo y la resolución de problemas puesto que estos pueden afectar los procesos de construcción de conocimiento como por ejemplo la contaminación auditiva.

1.1.2 Kit Arduino Uno

Arduino uno es una placa microcontroladora programable por medio de la cual se pueden realizar distintos proyectos debido a su fácil manejo. La placa Arduino cuenta con distintos puertos para ser codificados y darle funcionalidad a un circuito eléctrico, los pines de esta placa cuentan con distintas funciones como el de proporcional voltaje, regular voltaje, polos a tierra, pines de entrada o de salida para distintos comandos que se proporcionan en la programación.

La placa de Arduino Uno tiene la posibilidad de programar distintos sensores de luz, ruido, distancia, entre otros. Estos sensores son conectados a distintos pines de la placa para que una vez montada la programación pueda efectuarse las distintas acciones propuestas. Tal como lo menciona (Arduino, sf), Arduino tiene como objetivo para la educación, empoderar a los estudiantes en su propio proceso de aprendizaje acercándolos a la programación, electrónica y las ciencias naturales, afianzando habilidades de pensamiento científico, pensamiento computacional y competencias que podrán desarrollar en retos del mundo real, como también, atendiendo a nuevos enfoques educativos como STEM que pretende alcanzar los objetivos del siglo XXI.

1.1.3 Design Thinking

La metodología Design Thinking es un proceso que favorece la solución de problemas de manera creativa e innovadora, por medio del diseño y desarrollo de un producto o servicio, tomando como centro a la persona y el contexto en el que se presenta la situación. Dicha metodología fue propuesta por Herbert Simon en el año 1969, sin

embargo, en el 2008, el profesor Tim Brown presentó un escrito desarrollando dicha metodología.

Es una metodología de innovación con un proceso no lineal, lo cual permite iterar y regresar a alguna de las etapas en caso de que se requiera. Adicionalmente, Design Thinking se desarrolla en cinco etapas, en las cuales se generan espacios de divergencia que permiten obtener la mayor cantidad de información y espacios de convergencia en donde se generan las conclusiones o se toman las ideas principales para continuar el trabajo. Estas etapas son:

- a) Empatizar: en esta etapa, la intención es ponerse en el lugar del usuario, ver con sus ojos, sentir con su corazón y experimentar con sus sentidos, para poder reconocer o identificar sus necesidades y el entorno en el que se encuentra. De esta manera, se generan soluciones innovadoras que realmente impacten al usuario.
- b) Definir: una vez se conocen las necesidades del usuario, se pasa a definir el problema, y para esto, se identifican los insights para determinar lo que realmente aporta valor. En esta etapa se plantean problemas cuyas soluciones serán clave para obtener un resultado innovador.
- c) Idear: es una de las etapas donde se requiere más creatividad e innovación, pues a partir de las necesidades y los insights se presentan múltiples ideas, nuevas alternativas o soluciones, entre más alternativas se tengan, mucho mejor. En esta etapa no hay límites y no hay juicios de valor, todas las ideas valen pues, las ideas menos comunes son las que generan las soluciones más innovadoras.
- d) Prototipar: en esta etapa se “materializan de forma física las ideas” por medio de la construcción de una maqueta o prototipo lo más cercano a la realidad de la solución deseada. Este prototipo se crea basado en

las orientaciones del mentor y el aprendizaje de los estudiantes desde el desarrollo de la técnica. A partir de este momento ya se cuenta con una herramienta física, es decir, algo que es posible visualizar o que se puede tocar, es decir un producto mínimo viable (MVP). Para este MVP, lo importante es poder experimentar invirtiendo la menor cantidad de recursos económicos y tiempo posible, para poderlo probar cuanto antes.

- e) Testear: en esta etapa la finalidad era reconocer cómo funcionaban las soluciones propuestas y obtener un feedback correspondiente del profesor. Se prueba con la ayuda del público objetivo por medio de experiencias inmersivas en el contexto, o un entorno lo más parecido posible y así, después de tener las opiniones de los usuarios, se incorporan las conclusiones para mejorar la solución que se está buscando.

4. Metodología

La presente investigación se caracteriza por ser una investigación cualitativa de orden exploratorio, que tiene como finalidad responder a la pregunta de investigación ¿Cómo la implementación del Design Thinking como metodología de Innovación permite a los estudiantes de grado 11° de la institución Educativa Fagua identificar las características principales del sonido por medio del uso de Arduino uno?

La experiencia se llevó a cabo con 10 estudiantes de grado 11 de los cuales 4 son mujeres y 6 son hombres. Estos estudiantes tienen una edad entre los 16 y 18 años, y pertenecen a un estrato socioeconómico 1 y 2, además, son integrantes de la técnica enfocada en la electricidad y electrónica, se caracterizan por ser muy pasivos, sin embargo, participan activamente cuando el docente lo sugiere también, comparten sus percepciones de manera espontánea.

De acuerdo con lo anterior, la experiencia se desarrolló teniendo en cuenta las fases del Design Thinking, puesto que es una estrategia que permite observar el problema, pensar en posibles soluciones, diseñar la solución, prototipar la solución para finalmente evaluar su incidencia dentro del problema, en este sentido se describen los elementos de la estrategia usados para responder a la pregunta de investigación.

DESIGN THINKING

Con el fin de seguir las fases del Design Thinking y dar seguimiento sus propuestas y procesos, se vivenciaron

Empatizar “conocer las necesidades de los clientes y/o usuarios potenciales”:

- Determinar las necesidades y problemáticas del aula de clases.

- Determinar que acciones del docente permiten evidenciar la atención de los estudiantes.
- Indagar sobre posibles soluciones al problema que puedan proponer los estudiantes.

Definir “centrarse en los hallazgos (insights), el deseo o necesidad del target”:

- Cuando en el aula de clase los estudiantes perciben sonidos distintos a los que están acostumbrado suelen prestar atención a este sonido para tratar de determinar la fuente, una vez que lo hace se concentran en los elementos que están escuchando y pierde la atención frente a la enseñanza, en este sentido, es importante desarrollar intervenciones en las que el estudiante actúe de manera activa para mantener la atención en lo que es relevante y por medio de la construcción de la herramienta pueda hacer uso de sus conocimientos para mejorarlos o profundizarlos y tomar distintas decisiones sobre sus acciones para que no afecten su proceso de aprendizaje.

Idear “presentar ideas a partir de la necesidad del público objetivo”:

- Pensar en una posible ruta de experimentación en la que el estudiante pueda hacer uso de sus habilidades científicas para determinar características del sonido.
- Diseñar una intervención en la que el proyecto final sea construir un semáforo de ruido.

Prototipar “pensar con las manos”:

En esta fase del proceso se usó un sensor de ruido, un Arduino y tres leds como se evidencia en la figura

tres, de acuerdo con la cantidad de decibeles que se producía en el ambiente, el sensor tenderá a prenderse. En este sentido, el led rojo indicaba decibeles (dB) mayores a 100 dB. Una vez realizado en montaje se tuvo en cuenta los rangos de decibels mayor a 100 dB (led rojo) entre 70 y 100 dB (led amarillo) y menores a 70 dB (led verde) para construir la programación.

- Diseñar la ruta de experimentación asociada al semáforo de ruido y las características del sonido. (Acción realizada por el docente).
- Creación de la programación (Acción realizada por el estudiante con ayuda del docente).
 - o ¿Qué se va a usar?
 - Bombillos led de tres colores: Rojo, amarillo y Verde (Indicará un ambiente de aprendizaje apto para el desarrollo de la clase).
 - Sensor de ruido.
 - Arduino.
- Ajustes al circuito eléctrico.

Testeo “implementar la solución”

- Resultados de la implementación de la ruta.
- Correcto funcionamiento del semáforo de ruido.

6. Resultados

El análisis de resultados se desarrolló desde distintas dimensiones y fases, la primera, analiza la activación de saberes previos acerca de las propiedades y características del sonido, la segunda fase da cuenta de las observaciones realizadas en el desarrollo de la intervención, y la tercera cuenta cómo se desarrolló el proceso de testeo y la verificación de hipótesis.

Fase 1: Activación de saberes previos

Para este apartado se preguntó a los estudiantes cuál era su interpretación del sonido, encontrando que el 50% de ellos lo interpreta como una percepción, mientras que el 50% restante lo interpreta como una onda mecánica, por medio de esta actividad se logra destacar estas dos categorías que se muestran en la tabla 2.

Tabla 2. Percepciones de los estudiantes de grado 11 sobre el sonido.

		Sistema de percepciones que producen emociones y sensaciones.
Sonido como percepción		Uso del oído para entender lo que se escucha del entorno que nos rodea.
		Medio de comunicación que permite captar información.
		Sensación producida por el oído cuando existen movimientos o vibraciones.
Sonido como onda mecánica		Ondas que llegan al cerebro generando una reacción.
		Ondas que son producidas por distintos objetos.
		Está constituido por ondas que viajan a frecuencia de Hz.
		Se transmite a través de ondas.

Fuente: Elaboración propia

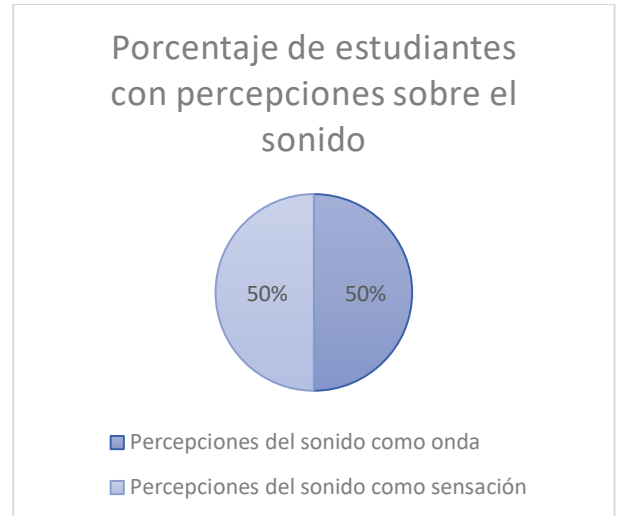


Figura 1. Caracterización de las percepciones sobre sonido de los estudiantes de grado 11.

Fuente: Elaboración propia

Fase 2. Desarrollo de la intervención:

Una vez se llevó a cabo el montaje de la figura 1, los estudiantes respondieron al siguiente interrogante ¿La intensidad del sonido depende de su altura, es decir, depende de si el sonido es grave o agudo?, dentro de su respuesta se encontró lo expuesto en la tabla 3:

Tabla 3. Concepciones sobre intensidad y la relación con la altura de los estudiantes de grado 11.

La intensidad si depende de la altura	Si, si depende de la altura ya que entre mayor sea la altura cambiará el efecto del sonido.
	Altura comprendida como intensidad debido a que puede ser más fuerte.
	Si depende debido a la distancia y proyección del sonido.
	Si depende debido a que hay sonidos más graves y

	estos son los más fuertes.
La intensidad no depende de la altura	No, la altura no depende si es agudo o grave depende de la intensidad con la que se transmite el sonido.
	No, no depende de nada, pues la altura no genera nada en los sonidos

Fuente: Elaboración propia

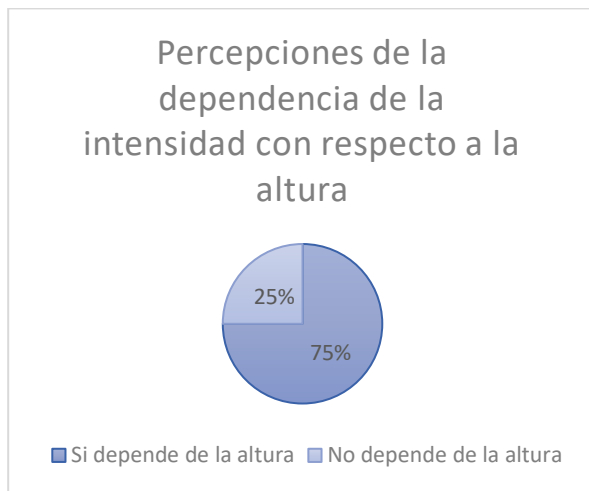


Figura 2. Caracterización de las percepciones sobre intensidad con respecto a la altura del sonido de los estudiantes de grado 11.

Fuente: Elaboración propia

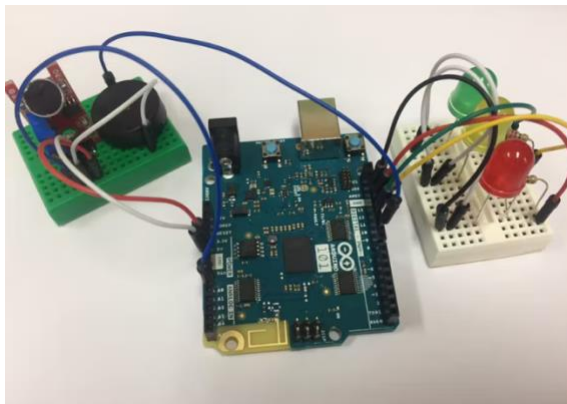


Figura 3. Prototipo del circuito desarrollado en la intervención.

Fuente: Tomado de <https://create.arduino.cc/projecthub/ies-abyla/semaforo-de-ruido-f2def3>

Fase 3. Testeo y verificación de hipótesis:

En esta fase, los estudiantes realizaron las pruebas necesarias para determinar si la altura influye en la intensidad del sonido, para esta prueba las estudiantes mujeres gritaron tratando de hacer el sonido lo más agudo posible y determinaron gracias al semáforo de ruido construido que el sonido agudo puede tener una intensidad alta, por otro lado, los estudiantes hombres aplaudieron simulando el sonido grave y también lograron encender el led rojo, que indica la mayor intensidad a la que se ve expuesta el sensor, para luego, hacer un ejercicio de indagación y consolidar interpretaciones sobre el sonido como las siguientes:

- **Estudiantes (grupo de niñas):** “... Lo que entendimos es prácticamente es que el sonido se genera por ondas, las cuales generan intensidad y pues dependen de una altura determinada, entonces para que el sensor capte más rápido la información tenemos que generar el sonido al frente del sensor. Una vez se enciende el led rojo indica que la intensidad es alta, esto sin importar la altura...”
- **Estudiantes (grupo de niños):** “... La idea a la que llegamos es que el sensor de sonido atrapa la intensidad de las ondas, dependiendo de la fuerza que se haya empleado para poder encender un led que siempre dependerá de la intensidad...”

De esta forma, se logra evidenciar que con el desarrollo de la propuesta los estudiantes lograron comprender que la intensidad del sonido no

depende de la altura con la que se emitan los sonidos, también, durante el desarrollo de la actividad mencionaron que esta la herramienta construida en la propuesta permitirá regular la cantidad de ruido que se produce en la institución debido a que era evidente cuando se generaba el ruido, generando además, procesos de autorregulación en el aula y desarrollando autonomía en los estudiantes.

7. Conclusiones y/o consideraciones finales

La implementación de Arduino Uno permite crear herramientas que no solo permiten solucionar o erradicar un problema educativo, sino que también aportan como medio para enseñar y aprender, además, permite fomentar el desarrollo del pensamiento científico y computacional.

También, con el desarrollo de la propuesta se logra corroborar que por medio de intervenciones como estas los estudiantes logran hacer uso de sus conocimientos para proponer posibles formas para crear una herramienta y finalmente, convertirse en los protagonistas de sus procesos de aprendizaje, puesto que son ellos los que piensan en el problema, proponen la estrategia, la desarrollan y la comprueban para finalmente extrapolar los sus conocimientos y asociarlos con la experimentación.

Por otro lado, con el desarrollo de la investigación se puede corroborar las afirmaciones de Becerra (2014), cuando menciona que con el desarrollo de actividades que propician la innovación educativa, se propicia que los estudiantes se involucren de forma activa en sus procesos de construcción de conocimiento, y también es posible conducirlos a ejercicios de debate de sus ideas y saberes.

Finalmente, y como prospectiva de la investigación, se considera pertinente realizar ejercicios de implementación del prototipo construido en diferentes grados de la Institución Educativa Oficial Fagua, con el fin realizar ejercicios de análisis de aceptación del mismo y cómo este

podrá influir en los procesos de autorregulación y autonomía en los diferentes niveles educativos.

8. Referencias

- Arduino. sf. ArduinoBoardUno. Recuperado el 22/02/2022 de <https://www.arduino.cc/en/Main/arduinoBoardUno>&#
- Anderson, U. M. (1967). The incidence and significance of high-frequency deafness in children. *American Journal of Diseases of Children*, 113(5), 560-565
- Becerra, D. (2014). Estrategia de aprendizaje basado en problemas para aprender circuitos eléctricos. *Revista Innovación Educativa*, 14 (64), 73-99
- Eysel G. (2012). Effects of noise in primary schools on health facets in German teachers. *Noise and Health*, 14(58), 129
- Figuroa Quispe, K., & Lozano Ttito, G. B. (2021). *Efecto del ruido del tráfico vehicular en los procesos de atención visual y memoria auditiva en los escolares de sexto año de nivel primario*.
- García, T. C. S., & Cortez, L. P. S. (2019). Mapa cognitivo neutrosófico para analizar la contaminación sonora y su relación con el aprendizaje de los estudiantes. *Revista Asociación Latinoamericana de Ciencias Neutrosóficas*. 9(5), 44-52.
- Haines, M. M., (2001). Chronic aircraft noise exposure, stress responses, mental health and cognitive performance in school children. *Psychological medicine*, 31(2), 265-277.
- Jiménez. T, et al. (2012). Noise, what noise? Raising awareness of auditory health among future primary-school teachers. *Teaching and Teacher Education*, 28(8), 1083-1090.
- Males, I., & Belén, J. (2020). *La contaminación auditiva en el proceso enseñanza aprendizaje* (Bachelor's thesis, Quito: UCE). T-UCE-0010-FIL-919.pdf
- Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura. (2016). *Innovación Educativa en Serie "Herramientas de apoyo para el trabajo*

docente". Editora y Comercializadora CARTOLAN
E.I.R.L. Lima, Perú.

Shield, B. M. (2008). The effects of environmental and classroom noise on the academic attainments of primary school children. *The Journal of the Acoustical Society of America*, 123(1), 133-144.

Skye, J. (2016). *Tipos de Contaminación*. Iovetoknow, 5-8.

Van Kempen, et al. (2010). Neurobehavioral effects of transportation noise in primary schoolchildren: a cross-sectional study. *Environmental health*, 9(1), 1-13.

Yee Choi, C., & McPherson, B. (2005). Noise levels in Hong Kong primary schools: Implications for classroom listening. *International Journal of Disability, Development and Education*, 52(4), 345-360.

ASTRONOMÍA EN EL AULA: LOS NORTES EN EL MUNDO QUE HABITAMOS

ASTRONOMIA NA SALA DE AULA: O NORTE DO MUNDO QUE HABITAMOS

ASTRONOMY IN THE CLASSROOM: THE NORTHS IN THE WORLD WE INHABIT

Rosa Inés Pedreros Martínez¹, Edwin Alejandro Castelblanco Gracia²

Pedreros R, Castelblanco A. (2023). Astronomía en el aula: Los nortes en el mundo que habitamos. *Góndola, Enseñanza y Aprendizaje de las Ciencias*, Número especial, v18, pp. 1-14

Resumen

Se presenta el trabajo realizado con maestros y estudiantes de dos contextos, el Grupo Fomento a la Investigación de la Corporación Escuela Pedagógica Experimental que sesiona en la ciudad de Bogotá y un escenario seleccionado en el VII Congreso colombiano de Astronomía y Astrofísica, Tunja, Boyacá, Colombia. Se aborda la pregunta ¿cuándo hablamos del norte, a qué norte nos referimos? Metodológicamente se tiene en cuenta la perspectiva interpretativa y la realización de descripciones de la vivencia abordada desde la alternativa didáctica de las Actividades Totalidad Abiertas. Los objetivos del trabajo fueron enriquecer la mirada de la Astronomía y su aprendizaje en la Educación Básica y Media; explorar y reflexionar sobre los nortes que habitamos; aportar en la actualización y fundamentación sobre la Astronomía y su aprendizaje en contextos educativos y, generar reflexiones que contribuyan al fortalecimiento del discurso histórico-epistemológico, disciplinar y pedagógico-didáctico de los docentes. En cuanto a los resultados se amplía la experiencia, actualización y fundamentación de los maestros y los estudiantes sobre la Astronomía en el aula; se realiza la descripción, interpretación y reflexión sobre los nortes que habitamos y, se establecen relaciones y aspectos conceptuales que se imbrican en sus elaboraciones. Como conclusiones se plantea que la Astronomía es un ámbito del conocimiento que genera curiosidad, deseo de saber y posibilidades para abordar situaciones de estudio en el aula; la inquietud ¿cuándo hablamos del norte, a qué norte nos referimos? pone en consideración la manera cómo habitamos y nos relacionamos con nuestro entorno físico, natural y socio – cultural y genera la reflexión sobre los aprendizajes que propiciamos en las

¹ Doctorado en Educación, Universidad Distrital. Docente innovadora e investigadora de la Corporación Escuela Pedagógica Experimental -CEPE- rosa.pedreros@epe.edu.co ORCID.0000-0003-3120-0526

² Especialista en Derecho del Trabajo e Instituciones de la Seguridad Social. Coordinador General de la Corporación Escuela Pedagógica Experimental -CEPE- alejandro.castelblanco@epe.edu.co ORCID. 0000-0003-3601-3594

clases y, se enriquece el discurso sobre el quehacer pedagógico, lo histórico-epistemológico y mirada disciplinar sobre la Astronomía y su aprendizaje.

Palabras clave: Conocimiento, modo de hablar, orientación, creencias.

Abstract

This article is the result of the work developed by teachers and students from two contexts, the Grupo Fomento a la Investigación from La Corporación Escuela Pedagógica Experimental which holds meetings in the city of Bogotá and a scenario selected at the VII Colombian Congress of Astronomy and Astrophysics, Tunja, Boyacá, Colombia. The question is addressed: when we talk about the north, to which north are we referring? As a methodology, and from a didactic alternative, the interpretive perspective and the descriptions of the experience approached at the activity called Actividades Totalidad Abiertas were considered. The objectives were to share and increase the knowledge about Astronomy in different levels of education as Basic and Middle school; explore and reflect on the north we inhabit; contribute to the update the knowledge and the basis of Astronomy and how to learn about it in educational contexts. The last objective, but not the less important was to make reflections that contribute to the strengthening of the historical-epistemological, disciplinary, and pedagogical-didactic speech of the teachers and professors. Regarding the results, the expansion of the experience, updating and foundation of teachers and students on Astronomy in the classroom were encouraged; the description, interpretation, and reflection on the north that we inhabit were made and relationships and conceptual aspects were established to involve their elaborations. In conclusion, Astronomy is a field of knowledge that generates curiosity, a desire of learning more and possibilities to address cases of study in the classroom. The concern about when we talk about the north, to which north are we referring? puts into consideration how we inhabit and how our relationship with our physical, natural, and socio-cultural environment generates reflection on the learning that we promote in the lessons and enriches the discourse on the pedagogical task, the historical-epistemological and disciplinary perspective. about astronomy and its learning.

Keywords: Knowledge, way of speaking, orientation, beliefs.

Resumo

É apresentado o trabalho realizado com professores e alunos de dois contextos, o Grupo de Promoção de Pesquisas da Corporação Escola Pedagógica Experimental que se reúne na cidade de Bogotá e um cenário selecionado no VII Congresso Colombiano de Astronomia e Astrofísica, Tunja, Boyacá, Colômbia. Coloca-se a questão: quando falamos de norte, a que norte nos referimos? Metodologicamente, leva-se em conta a perspectiva interpretativa e a realização de descrições da experiência abordada a partir da

alternativa didáctica das Atividades Abertas da Totalidade. Os objetivos do trabalho foram enriquecer a visão da Astronomia e seu aprendizado no Ensino Fundamental e Médio; explorar e refletir sobre o norte que habitamos; contribuir para a atualização e fundamentação da Astronomia e seu aprendizado em contextos educacionais e gerar reflexões que contribuam para o fortalecimento do discurso histórico-epistemológico, disciplinar e didático-pedagógico dos professores. Quanto aos resultados, incentivou-se a ampla da experiência, atualização e formação de professores e alunos sobre Astronomia em sala de aula; realiza-se a descrição, interpretação e reflexão sobre o norte que habitamos e estabelecem-se relações e aspectos conceituais que se entrelaçam em suas elaborações. Como conclusões, afirma-se que a Astronomia é um campo de conhecimento que gera curiosidade, desejo de saber e possibilidades de abordar situações de estudo em sala de aula; a dúvida, quando falamos do norte, a que norte nos referimos? Leva em consideração a forma como habitamos e nos relacionamos com nosso meio físico, natural e sociocultural e gera reflexão sobre as aprendizagens que promovemos nas aulas e enriquece o discurso sobre a tarefa pedagógica, a perspectiva histórico-epistemológica e disciplinar sobre astronomia e seu aprendizado.

Palavras chave: Conhecimento, modo de falar, orientação, crenças.

1. Introducción

El compromiso con la sociedad, el conocimiento y la pedagogía se concretan en la Corporación Escuela Pedagógica Experimental -CEPE- como actividades de investigación, formación de maestros, invención y proyección de propuestas alternativas. En este contexto el Grupo de Astronomía de la corporación viene adelantando diversas exploraciones e investigaciones sobre las posibilidades de actividades para llevar al aula. Se tiene en cuenta que las personas se relacionan con el entorno físico, natural y socio – cultural de diversas maneras, que existen modos de pensar y hablar sobre los eventos y acontecimientos de nuestro entorno (cosmovisiones) y que es posible realizar actividades en el aula que tengan en cuenta las ideas, creencias, saberes, explicaciones y conceptualizaciones. La actividad que se propone en el presente trabajo se constituye en una invitación para que los docentes y estudiantes aborden la inquietud Cuándo hablamos del norte, ¿a qué norte nos referimos?, teniendo en cuenta el lugar que habitamos. Los objetivos propuestos son:

-Enriquecer la mirada de la Astronomía y su aprendizaje en la Educación Básica, Media y universitaria.

-Explorar posibles actividades susceptibles de llevar al aula.

-Aportar en la actualización y fundamentación sobre la Astronomía y su aprendizaje en contextos educativos.

-Generar reflexiones que contribuyan en el fortalecimiento del discurso histórico-epistemológico, disciplinar y pedagógico-didáctico de los docentes.

Algunos trabajos, reflexiones e investigaciones relacionados con la

Astronomía, su enseñanza y, aprendizaje han sido abordados por maestros como Giordano (2021), Camino (2018), Camino, Nardi, Pedrerros, García y Castiblanco (2016), Langhi y Nardi (2016) y Pedrerros (2014, 2017).

En el estudio de la orientación, observación del cielo, el horizonte local, se encuentran trabajos, investigaciones y reflexiones como las adelantadas por Giordano (2021), Pedrerros (2017) y Richter (2011).

En cuanto a los resultados se propició la ampliación de la experiencia, actualización y fundamentación de los maestros y los estudiantes sobre la Astronomía en el aula; se realiza la descripción, interpretación y reflexión sobre los nortes que habitamos y, se establecieron relaciones y aspectos conceptuales que se imbrican en las elaboraciones de los maestros y estudiantes.

Como consideraciones finales se plantea que la Astronomía es un ámbito del conocimiento que genera curiosidad, deseo de saber y posibilidades para abordar situaciones de estudio en el aula; la inquietud ¿cuándo hablamos del norte, a qué norte nos referimos? pone en consideración la manera cómo habitamos y nos relacionamos con nuestro entorno físico, natural y socio – cultural y genera la reflexión sobre los aprendizajes que propiciamos en las clases y enriquece el discurso sobre el quehacer pedagógico, lo histórico-epistemológico y mirada disciplinar sobre la Astronomía y su aprendizaje.

El estudio sobre la ubicación del norte y en general de los puntos cardinales, es una actividad susceptible de llevar al aula, reconocer la importancia y significación de los marcos de referencia, el horizonte local,

los movimientos del planeta Tierra, el Sol y la Luna, lo cual posibilita la comprensión sobre el mundo que habitamos y sobre diferentes términos o conceptos usados en la educación de la Astronomía de posición.

2. Marco de Referencia

En cuanto a los referentes teóricos se tiene en cuenta que la búsqueda de estrategias y actividades en torno a la Astronomía y su aprendizaje se ha constituido en un reto y compromiso para los maestros interesados en este ámbito del conocimiento. Camino, Nardi, Pedrerros, García y Castiblanco (2016:1), consideran que:

[...] los conceptos de la Astronomía son enseñables en todos los niveles educativos y ámbitos socioculturales, se pone de presente el desafío sobre cómo formar profesores para que la enseñen en diversos niveles [...] y,

[...] Es necesario un diálogo de saberes y, sobre todo, un accionar coordinado que apunte a optimizar el impacto del aprendizaje de la Astronomía más allá de la adquisición de datos curiosos o informaciones interesantes, hacia la formación de una identidad cultural. Esto se logra, entre otras, con base en el respeto por las concepciones sobre Astronomía de las diversas culturas y la difusión de la forma en que las culturas originarias de nuestra América se relacionaron con el cielo [...].

A propósito de las experiencias con nuestro entorno físico y natural, lo que sabemos o nos enseñan emergen diversas inquietudes sobre los acontecimientos y

eventos que acontecen en nuestro entorno, Pedrerros (2017: 124-125), menciona que:

“Desde los inicios de la humanidad se ha contemplado el cielo, en todas las épocas personas y diversas comunidades se han detenido un instante a realizar esta actividad. Particularmente en la vida cotidiana los niños, jóvenes y adultos se han preguntado o han escuchado ¿Por qué nos sigue la Luna? ¿Por qué se presentan las fases de la Luna? ¿Por qué a veces podemos ver la Luna y el Sol al mismo tiempo de día? ¿Por qué se presentan los eclipses? ¿Por qué el día y la noche? ¿Cómo se originó el universo? ¿Hay vida en otros planetas o en otro lugar del universo? ¿Cómo se orientaban los antiguos? ¿Cómo se diseñaron los calendarios?”.

Cuando nos referimos particularmente a los Nortes en el mundo que habitamos se tiene en cuenta que las personas viven en diferentes lugares (municipios, veredas, departamentos, países), lo ocupan, pero no la habitan, es decir, se mueven en ese espacio geográfico realizando sus actividades cotidianas, deportivas, laborales o académicas; muy pocas veces se preguntan ¿cómo nos podemos orientar en el lugar que habitamos?, ¿de cuántas formas posibles nos ubicamos en el planeta? o ¿cuándo hablamos del norte, a qué norte nos referimos?

La maestra Giordano (2021:276) llama la atención al trabajar con los estudiantes que:

“[...] Observar lo que ocurre en el cielo, sobre el horizonte local, en un día y en un año, permite al estudiante a tomar conciencia de su propio lugar en el mundo. Al comparar su

conocimiento con el conocimiento histórico y las culturas locales, va apropiándose de la forma específica de construcción de conocimiento en la sociedad a la que pertenece [...].

Para el grupo de Astronomía de la CEPE no solamente es relevante la forma en la que se enseña la orientación en el aula sino el por qué enseñamos esa forma de orientarnos, además de cuestionarnos y reconocer otros conocimientos que nos permitan significar el mundo en el que vivimos, que existen diversos modos de pensar y hablar sobre los eventos y acontecimientos de nuestro entorno (cosmovisiones).

Al respecto de los modos de pensar y hablar, la maestra Pedrerros (2014:118), dice:

“Las personas y las comunidades en general se relacionan con el mundo natural, físico y socio - cultural de acuerdo con sus experiencias, aprendizajes, y convivencia (Arca, Guidoni, & Mazzoli, 1990; Piaget, 1984; Piaget & Inheldert, 1972; Maturana, 1996). Cada comunidad hace parte de un contexto cultural específico, en el cual, se comparte un sistema de creencias, imaginarios, juicios y valoraciones constituyendo cosmovisiones particulares. En el caso de la ciencia los modos de pensar y modos de hablar del mundo están cruzados por los imperativos culturales que circulan en dichos contextos, así cada palabra que se nombra y narra está asociada a determinadas cosmovisiones (Grosfoguel, 2006)”.

Al respecto de la orientación surgen inquietudes como, ¿por qué el Norte, el Sur, el Este y el Oeste son los cuatro puntos cardinales?, ¿son esas las únicas formas en las que nos podemos orientar?, ¿es la forma más natural de hacerlo?, ¿existen otros conocimientos donde se aborda el habitar el mundo de forma diferente? En ese sentido Richter (2011:15) menciona que “orientarse, es literalmente mirar hacia oriente, significa tratar de seguir con los ojos la trayectoria del Sol, determinar en cuál de las cuatro partes del mundo estamos: la mañana, el mediodía, la tarde y la medianoche, como denominaban antiguamente a los cuatro puntos cardinales”.

En la vida cotidiana y profesional recorreremos nuestro municipio o país, nos dirigimos a diferentes lugares, en estos viajes no nos preocupamos si estos quedan en el norte, sur, oriente u occidente. Por lo general no utilizamos brújulas o mapas, muy pocas personas los usan para desplazarse, hoy día se utiliza el GPS sin preguntarnos qué es lo que señala con respecto a la orientación o ubicación del norte, por ejemplo, solo se sabe que este instrumento sirve para saber por dónde desplazarse y llegar al lugar del destino. Igualmente acontece cuando viajamos a algún lugar del mundo no prestamos atención si vamos hacia el noreste, suroccidente o que tantos grados noreste o sureste nos dirigimos. Menos aún no nos preguntamos por la latitud o longitud en cualquier lugar del planeta Tierra, solo nos interesa llegar al lugar que se ha elegido o definido.

La docente Giordano (2021;276) nos dice refiriéndose al trabajo con estudiantes particularmente que:

“[...] Preguntarse por lo que está ocurriendo simultáneamente en otros lugares de la Tierra le permite al

estudiante descubrir lo que va cambiando al cambiar del punto de observación bajo el mismo cielo y le abre el camino hacia la interpretación de lo que sucede a nivel local en relación con lo que le ocurre a toda la Tierra en su conjunto”.

3. Proceder metodológico

La perspectiva que se tiene en cuenta en el presente trabajo es la interpretativa, dado que posibilita aproximarse al universo interpretativo del otro, una aproximación a la cultura del “otro” como sujeto enmarcado en unas condiciones históricas-sociales-culturales específicas a un tiempo. (Molina, 2012).

La actividad se realiza bajo la perspectiva de la alternativa didáctica de las Actividades Totalidad Abiertas. Al respecto Segura (2000:9), plantea que, si consideramos la clase como un problema estrictamente didáctico, existen a nuestro juicio estos tres elementos que deben tenerse en cuenta en la búsqueda de su optimización:

-La manera como se articulan los conocimientos que se construyen con los conocimientos anteriores que posee el alumno (problema epistemológico).

-La selección de los temas que se tratan y la determinación de su profundidad, en cuanto ésta debe corresponder entre otras cosas al desarrollo intelectual del estudiante (problema lógico).

-La selección de los temas o problemas que se resuelven en la clase, en cuanto la actitud de los alumnos frente a ellos (relaciones de apropiación – rechazo, por ejemplo) es determinante para la captura del interés por lo que se hace (problema de pertinencia).

3.1. Población participante

La actividad se realizó en dos escenarios, el primero con el Grupo Fomento a la Investigación de la Corporación Escuela Pedagógica Experimental en el año 2021, el cual está conformado por docentes de la Educación Inicial, Básica, Media y universitaria (15 en total). Los maestros participantes hacen parte de instituciones oficiales y privadas, las reuniones las llevan a cabo en la ciudad de Bogotá, Colombia, (imagen 1A y 1B).



Imagen 1A y 1B. Docentes de la CEPE. Bogotá, Colombia.

Fuente: Foto tomada por los autores.

El segundo escenario fue seleccionado en el marco del VII Congreso colombiano de Astronomía y Astrofísica realizado en la ciudad de Tunja, Boyacá, Colombia, 2022. Participaron docentes de la Educación Básica, Media y universitaria y estudiantes quienes vienen adelantando la licenciatura en Física y la maestría en Astronomía. (Imagen 2A y 2B).



Imagen 2A y 2B. Docentes y estudiantes participantes al VII Congreso colombiano de Astronomía y Astrofísica, llevado a cabo en la UPTC, Tunja, Boyacá, Colombia.

Fuente: Foto tomada por los autores.

3.2. Instrumentos y técnicas de la recolección de información

La técnica utilizada apropiada para el trabajo realizado es la de grupos focales. Al respecto Martínez (2004:1) menciona que:

“el grupo focal de discusión es focal porque focaliza su atención e interés en un tema específico de estudio e investigación que le es propio y es de discusión porque realiza su principal trabajo de búsqueda por medio de la interacción discursiva y la contrastación de las opiniones de sus miembros”

La información y testimonios se recogieron a partir de escritos, dibujos, fotos, testimonios de los participantes y la observación directa durante la realización de las actividades.

Se presentan los resultados del trabajo a partir de descripciones, comentarios y análisis sobre la vivencia de conocimiento y elaboraciones que realizan los participantes a nivel individual y colectivamente, se expone simultáneamente cada uno de ellos en el apartado de resultados. En el análisis de la actividad se tiene en cuenta los aspectos seleccionados en los tres momentos iniciales de la actividad: intercambio de saberes, enriquecer la experiencia y establecimiento de relaciones.

3.3. Momentos de trabajo

El trabajo se organizó en cuatro momentos que se interrelacionan en el

desarrollo de la actividad, la cual está centrada en la inquietud ¿Cuándo hablamos del norte, a qué norte nos referimos?, los definidos fueron:

-Intercambio de saberes: Invitación a conversar con los docentes y estudiantes partiendo de la pregunta ¿en dónde queda el norte?, se tiene en cuenta el lugar en el cual se encuentran los participantes en el momento de sesionar colectivamente. Dicha actividad llevó a dialogar sobre las formas posibles desde las cuales nos podemos orientar en la ciudad de Bogotá y en Tunja, Colombia e iniciar a pensar en donde queda el norte en esos lugares.

-Enriquecer la experiencia: Para ampliar la experiencia de los docentes y estudiantes se aborda de forma colectiva la inquietud ¿Cuándo hablamos del norte, a qué norte nos referimos? Se enriquece la actividad utilizando mapas, globos terráqueos y brújulas.

-Establecimiento de relaciones: Colectivamente con los participantes se distinguen los modos de pensar y hablar al nombrar la palabra norte, se establecen relaciones y distinguen aspectos conceptuales que emergen de sus ideas y elaboraciones.

-Socialización de la actividad: Como una forma de recoger la experiencia innovativa e investigativa se reflexiona y conceptualiza con los participantes sobre los aspectos pedagógico-didácticos, disciplinares y pedagógicos al pensar la Astronomía y su aprendizaje en el aula, en particular sobre la pregunta ¿Cuándo hablamos del norte, a qué norte nos referimos?

4. Resultados

En el intercambio de saberes, conocimientos e información que tienen los participantes sobre dónde queda el norte teniendo en cuenta el lugar en el que nos encontramos, la ciudad Bogotá o en Tunja, se les invita a señalar con el brazo dicho lugar. A dicha solicitud tanto maestros como estudiantes dirigen su brazo hacia diferentes lugares, al preguntarles por qué, expresan que:

“Yo me oriento en Bogotá por los cerros donde queda Monserrate, pues ahí queda el oriente”.

“Yo miro por dónde “sale” el Sol, pues yo sé que el Sol “sale” por el oriente y se desplaza hasta el Occidente donde se oculta”.

“Yo sé que el norte queda en Bogotá hacia la calle 170, lo llaman Portal del Norte (estación de Transmilenio)”.

“El sur queda hacia los barrios del sur de Bogotá, eso dicen”.

Deciden ubicar fichas de parques sobre la mesa ubicando los barrios en los cuales viven y así precisar hacia dónde queda el norte y en qué lugar está localizada su vivienda, (imagen 3A y 3B).



Imagen 3A Y 3B. Docentes del Grupo Fomento CEPE, localizando el barrio en donde habitan.

Fuente: Foto tomada por los autores.

Igualmente, en el caso de Tunja, Boyacá como nos encontrábamos en las instalaciones

de la Universidad Pedagógica y Tecnológica de Tunja-UPTC- todos señalaban a diferentes lugares. Al preguntarles por qué se tuvo en cuenta que la mayoría de los participantes vivían en Tunja y estudiaban en esta institución, ellos dicen que:

“Yo ubico en donde queda el puente de una de las entradas de la universidad y ahí se dónde queda el norte”.

En tanto que una estudiante dice

“Yo vivo en el campo, miro por donde “sale” el Sol y ahí se dónde queda el norte”.

Para avanzar en la búsqueda de las ideas y fundamentos que los lleva a mencionar lo expresado, señalan y dibujan en pliegos de papel ubicados en el piso, los puntos cardinales y los lugares considerados para definir el norte, (imagen 4).



Imagen 4. Participantes de la UPTC Ubicando el norte en el papel.

Fuente: Foto tomada por los autores.

Algunos de los participantes ponen en consideración de los demás que les han enseñado y se sigue haciendo en las clases. Por ejemplo, es usual decir que el norte queda al frente de mi cara, información que no siempre funciona porque depende del lugar en el que me encuentre y hacia donde está “enfrentada” mi cara. Lo que se agrava al encontrar en textos escolares o imágenes de internet que tienen este contenido, como es el

caso que se presenta en los siguientes dibujos expuestos en la imagen 5A y 5B.



Imagen 5A y 5B. Ubicación de los puntos cardinales

Fuente:

https://es.educaplay.com/juegoimprimible/3210784-puntos_cardinales.html

<https://pt.slideshare.net/rymar126/los-puntos-cardinales>

En la primera el norte está al frente de la cara de la persona, en la segunda el brazo derecho marca el norte, son dos informaciones distintas, lo cual genera confusión pues no se define el lugar en el que se encuentran. Dicha reflexión genera en los estudiantes y maestros la toma de conciencia sobre lo que se enseña y qué se aprende. Algunos expresan que:

“Es la adecuada interpretación y ubicación para poder orientarnos “correctamente”. Desmentir las enseñanzas tradicionales en la escuela”.

“En nuestro contexto siempre buscamos métodos de ubicación, es importante conocer e identificar respecto a qué nos posicionamos para poder reconocer nuestro lugar en el universo”.

“Siempre es importante definir un sistema de referencia para el estudio de los fenómenos físicos”.

Colectivamente se precisa que se está refiriendo al norte geográfico, que hay que considerar que pensamos que el planeta Tierra es como una esfera, lo cual nos permite orientar el brazo con la mano hacia abajo, no hacia arriba o al lado como se muestra en el segundo dibujo de la imagen 5.

En el enriquecimiento de la experiencia se establece un diálogo e intercambio de saberes entre los participantes, se tiene en cuenta sus experiencias con el entorno físico y natural, lo que saben y lo le han enseñado en su escolaridad o lo que dicen los medios de comunicación. Algunos dicen:

“La pertinencia se fundamenta, como se discutía en la actividad, en la apropiación de la orientación espacial y geográfica que tenemos en determinado lugar. Hay que reconocer que la construcción de la noción de "norte", es de corte político y no de forma arbitraria, o tomando como referente el movimiento aparente que observamos del Sol desde nuestra posición relativa”. (Ver imagen 6).

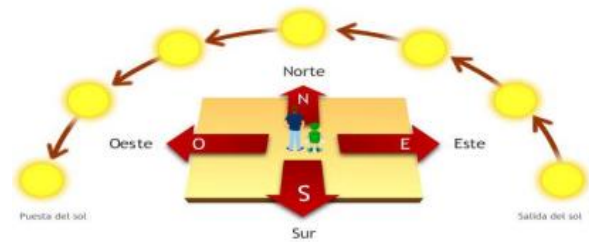


Imagen 6. Recorrido del Sol y los puntos cardinales.

Fuente: <https://www.portaleducativo.net/tercero-basico/777/Puntos-cardinales>

En la imagen, se muestra uno de los recorridos del Sol, colectivamente se toma conciencia que no siempre el Sol “sale” durante el año del mismo lugar en el oriente. Algunos de los participantes recuerdan que: “Mis sus abuelos o padres corrían las matas para que les diera el Sol”, tienen en cuenta para ello, el lugar que habitan o vivían en ese momento de su vida.

Se enriquece la mirada del docente y los estudiantes sobre aquello que hablamos del norte cuando nombramos la palabra, se actualiza y fundamenta su saber sobre la

inquietud abordada colectivamente, el norte del que estábamos hablando es el norte geográfico, pero cuando acuden a las brújulas, estas a veces nos les coincidían con el punto en el cual ubicaban el norte geográfico, lo cual genera nuevas inquietudes.

La experiencia se amplía abordando la inquietud sobre los nortes en el espacio que habitamos, constituyéndola en el objeto de estudio. Se realizaron registros sobre el norte de algunos lugares geográficos en el mapa de nuestro país, se distinguió la ubicación de lugares en el mapamundi, (imagen 7A, 7B y 7C). Llama la atención lo que marca la rosa de los vientos, llegando a concluir que marca el norte geográfico, se tiene en cuenta que este está sobre el eje imaginario sobre el que gira el planeta Tierra y que las brújulas señalan el norte magnético.

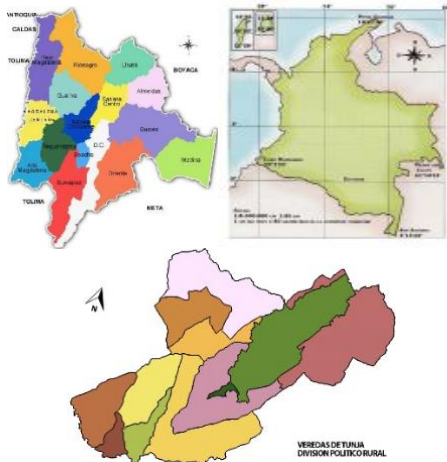


Imagen 7A, 7B y 7C. Representación geográfica en mapas.

Fuente:

<https://www.cerebriti.com/juegos-de-geografia/posicion-de-colombia>
<https://image.slidesharecdn.com/bienvenidosaldepartamentodecundinamarca-120609170310-phpp01/95/bienvenidos-al-departamento-de-cundinamarca-4-728.jpg?cb=1339261982>
y <https://k41.kn3.net/077764BF0.jpg>

Se establecen relaciones y diferencias de la ubicación de algunos lugares del planeta Tierra en el globo terráqueo, (imagen 8A y 8B).



Imagen 8A y 8B. Profesores de la CEPE trabajando con los mapas, globos terráqueos y brújulas.

Fuente: Foto tomada por los autores.

La utilización de los mapas nos sitúa en un espacio de dos dimensiones, se colocan en el suelo porque las personas que habitan la Tierra se encuentran sobre la superficie de ella, lo cual genera conflicto al ver la representación del planeta en el globo terráqueo al pasar de un espacio bidimensional a uno tridimensional. La intuición es que a pesar de habitar en un plano tridimensional no somos conscientes de ello, es más significativo y vivido por la mayoría de las personas que nos movamos o desplazamos en el plano, ver imagen 9.



Imagen 9. Estudiantes y docentes en la UPTC conversando y discutiendo sobre el uso de los mapas y el globo terráqueo.

Fuente: Foto tomada por los autores.

En la interacción con el artefacto de los globos terráqueos (imagen 10), llama la atención que su uso y disposición no representa el lugar hacia donde ubicamos el norte geográfico, pues por lo general está “parado” o un poco inclinado. Se ubica el globo terráqueo de tal manera que coincida con el norte geográfico para comprender que el planeta rota en la dirección del punto cardinal oriente.



+

Imagen 10. Profesores de la CEPE interactuando con los globos y brújulas e intercambiando sus conceptualizaciones.

Fuente: Fotos tomadas por los autores.

Al trazar dos líneas imaginarias entre el norte magnético y geográfico hay aproximadamente $23,5^\circ$, a lo cual se llama declinación magnética, es el ángulo formado entre el norte magnético y el norte geográfico, imagen 11.



Imagen 11. Representación del norte geográfico y magnético.

Fuente: explora.cl

Además, se recuerda que el norte magnético ha variado en la historia del planeta, el norte magnético no es fijo, se haya en un continuo y lento movimiento.

El norte geográfico también se le llama norte verdadero, no coincide con el norte magnético, ver imagen 12.

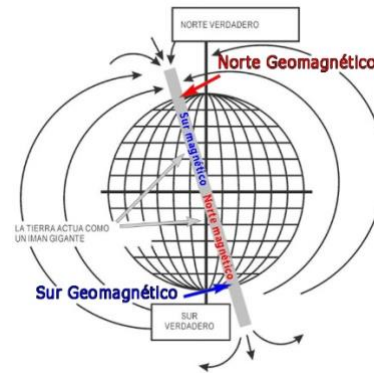


Imagen 12. Norte Geográfico y Norte Geomagnético

Fuente: <https://encorda2.com/2013/10/06/orientacion-basica-norte>

La actividad genera diversas reflexiones entre los participantes, unas relacionadas con el objeto de estudio (los nortes que habitamos) y sobre la Astronomía y su aprendizaje en el aula. Al respecto mencionan que:

“Siempre es importante definir un sistema de referencia para el estudio de los fenómenos físicos”.

“Se debe tener en cuenta el lugar de referencia respecto a nuestra posición”.

“Es conflictivo pensar el planeta Tierra como una superficie plana (dos dimensiones) y luego ubicarnos sobre una esfera -globo terráqueo-, (espacio tridimensional) y ahí ubicar el norte”.

“Saber que la aguja de la brújula no coincide con el norte geográfico, es debido a

la forma del campo magnético terrestre, esto no es fácil comprender”.

“La actividad realizada muestra diversas posibilidades para abordar el trabajo en el aula, en particular en el ámbito de la Astronomía”.

“Hacer la transición entre los conocimientos globales (política y culturalmente hablando) a nuestros contextos particulares para promover una buena enseñanza”.

Finalmente, la actividad realizada pone muestra que existen diversas rutas de trabajo o propuestas innovativas e investigativas para pensar la Astronomía en los diferentes niveles de la escolaridad que conlleven a transformar nuestras relaciones con nuestro entorno (físico, natural y socio-cultural), con el conocimiento y con el otro.

5. Consideraciones finales

La Astronomía es un ámbito del conocimiento que genera curiosidad, deseo de saber, interés y motiva posibilidades para abordar situaciones de estudio en el aula en los diferentes niveles de la escolaridad.

La manera como se comprende la Astronomía orienta unas prácticas de enseñanza que propician unas formas particulares de relacionarse con el conocimiento, con el entorno físico, natural y socio-cultural y con el otro.

Se distingue diversas actividades para abordar en la clase a partir de preguntas, situaciones – problemas, seguimiento a eventos o acontecimientos y formulación de proyectos en el aula.

El estudio de la orientación espacial con los maestros y estudiantes pone en

consideración la manera cómo habitamos y nos relacionamos con nuestro entorno y genera la reflexión sobre los aprendizajes que propiciamos en el aula.

El estudio sobre la ubicación del norte y en general de los puntos cardinales, es una actividad susceptible de llevar al aula, reconocer la importancia y significación de los marcos de referencia, el horizonte local, los movimientos del planeta Tierra, el Sol y la Luna, lo cual posibilita la comprensión sobre el mundo que habitamos y sobre diferentes términos o conceptos usados en la educación de la Astronomía de posición.

6. Referencias

Arca, M., Guidoni, P & Mazzoli, P. (1990). **Enseñar ciencia. Cómo empezar: Reflexiones para una educación científica de base.** Paidós Educador. Barcelona: España.

Camino, Nardi, Pedrerros, García, y Castelblanco (2016). Retos de la enseñanza de la Astronomía Latinoamérica. **Revista Góndola, Enseñanza y Aprendizaje de las Ciencias.** Universidad Distrital Francisco José de Caldas. Centro de investigaciones y Desarrollo Científico. Bogotá: Colombia. DOI: <http://dx.doi.org/10.14483/23464712.10617>.

Camino, N. (2018). Reflexiones sobre la enseñanza de la Astronomía. **Góndola, enseñanza y aprendizaje de las ciencias**, vol 13, núm. 2. págs. 193-19. DOI: <http://doi.org/10.14483/23464712.13679>.

Giordano, E. (2021). Una progresión de aprendizaje sobre ideas básicas entre Física y Astronomía. **Góndola, enseñanza y aprendizaje de las ciencias**, 16(2), 272-293. DOI: <https://doi.org/10.14483/23464712.17107>.

Grosfoguel, R. (2006). La descolonización de la economía política y los estudios postcoloniales: Transmodernidad, pensamiento fronterizo y colonialidad global. **Tabula Rasa.**

Lanciano, N (2009). **Strumenti peri giardini del cielo.** Segunda edición. Bologna: Italia.

Langhi, R. y Nardi, R. (2016). Educação em astronomia: repensando a formação de professores.

Revista Latinoamericana de Educación en Astronomía. DOI: 10.37156/RELEA/2016.21.069

Martínez, M. M. (2004) Los Grupos Focales de Discusión como Método de Investigación, en **Heterotopía**, Vol. 10, N° 26, Caracas; Venezuela.

Maturana, H. (1996). **El sentido de lo Humano**. Chile: Dolmen Ediciones.

Molina, A. (2005). El “otro” en la constitución de identidades culturales. En **Piedrahita, C y Paredes, E (Editoras). Cultura política, identidades y nueva ciudadanía, Cúcuta**, Sic Editorial LTDA: 2, 139-169.

Pedrerros, M, R.I. (2014). Modos de pensar y hablar sobre el equilibrio térmico. Significados y contextos de uso en las ciencias de la naturaleza. **Revista TED**, No. 35. Universidad Pedagógica Nacional, Bogotá: Colombia.

Pedrerros M, R.I. (2017). La Astronomía, su enseñanza e investigación en el Departamento de Física de la Universidad Pedagógica Nacional. **Revista científica/ edición especial**. Universidad Distrital Francisco José de Caldas. Bogotá: Colombia.

Pedrerros M., R.I. (2019). La Astronomía y su enseñanza en la Educación Básica y Media. **Revista Científica**. Número especial. Universidad Distrital Francisco José de Caldas. Bogotá: Colombia.

Piaget, J. (1984). **La representación del mundo en el niño**. Morata. Madrid: España

Piaget, J. & Inheldert, B. (1972). **De la lógica del niño a la lógica del adolescente**. Paidós. Buenos Aires: Argentina.

Richter, D. (2011). **El Sur: Historia de un punto cardinal Un recorrido cultural a través del arte, la literatura y la religión**. Ediciones Siruela. Madrid: España.

Segura, D. (2000). Las ATAs: Una Alternativa Didáctica. **Planteamientos en Educación**. Escuela Pedagógica Experimental. Bogotá; Colombia.

**COMPRENSIÓN DEL ORIGEN DE LOS ELEMENTOS QUÍMICOS A PARTIR DE LA ENSEÑANZA DEL
PROCESO DE FUSIÓN NUCLEAR**

**UNDERSTANDING THE ORIGIN OF CHEMICAL ELEMENTS BY TEACHING THE PROCESS OF NUCLEAR
FUSION**

**COMPREENDER A ORIGEM DOS ELEMENTOS QUÍMICOS ATRAVÉS DO ENSINO DO PROCESSO DE
FUSÃO NUCLEAR**

Santiago Velásquez Murcia*^{ID}, David Tovar Rodríguez^{ID}
Angye Alejandra Quiroga Ávila***^{ID}**

Velásquez, S.; Tovar, D.; Quiroga, A. (2023). Comprensión del origen de los elementos químicos a partir de la enseñanza del proceso de fusión nuclear. *Góndola, Enseñanza y Aprendizaje de las Ciencias*, Número especial, v18, pp.1-8

Resumen

El artículo enmarcado en la enseñanza de la física presenta una experiencia de aprendizaje llevada a cabo con estudiantes de grado sexto del Colegio Jorbalán de Chía, Colombia, relacionada con el origen de los elementos químicos en el universo desde el proceso de fusión nuclear que ocurre en diversos cuerpos celestes. La principal motivación para desarrollar la experiencia corresponde a la falta de contextualización de conceptos químicos relacionados con la teoría atómica en fenómenos específicos que permitan una comprensión más significativa. Por tanto, el objetivo del estudio es determinar el potencial de la enseñanza del proceso de fusión nuclear para generar comprensiones en química. El proceso de planeación de la actividad fue orientado desde un ejercicio reflexivo y de validación con profesores de ciencias en formación inicial en la asignatura Desarrollo del Pensamiento Científico de la Licenciatura en Ciencias Naturales de la Universidad de La Sabana, la cual, fue implementada en una sesión de clase. Los resultados obtenidos a partir de escritos de los estudiantes reflejan avances en las comprensiones sobre las nociones de isótopos, la relación entre el número atómico y el número de protones en el átomo y que las condiciones elevadas de energía térmica pueden desencadenar fusiones nucleares que explican la procedencia de los elementos químicos a nivel del universo. Este trabajo de aula se presenta como una oportunidad para aproximar al estudiante a los procesos fisicoquímicos en el universo y sus implicaciones en la disponibilidad de materiales en la Tierra, también, el modelo de la fusión nuclear permite relacionar y evidenciar conceptos químicos centrales a nivel curricular en la educación secundaria.

Palabras Clave: Enseñanza de la física. Fusión Nuclear. Elementos Químicos, Educación secundaria.

* Estudiante Licenciatura en Ciencias Naturales. Universidad de La Sabana. santiagovemu@unisabana.edu.co – ORCID <https://orcid.org/0000-0002-4514-5137>

** Docente Licenciatura en Ciencias Naturales. Universidad de La Sabana. david.tovar@unisabana.edu.co – ORCID <https://orcid.org/0000-0002-8419-2470>

*** Estudiante Licenciatura en Ciencias Naturales. Universidad de La Sabana. angyequav@unisabana.edu.co – ORCID <https://orcid.org/0000-0001-9282-117X>

Abstract

The article, framed in the teaching of physics, presents a learning experience carried out with sixth grade students of Colegio Jorbalán de Chía, Colombia, related to the origin of chemical elements in the universe from the process of nuclear fusion that occurs in various celestial bodies. The main motivation to develop the experience corresponds to the lack of contextualization of chemical concepts related to atomic theory in specific phenomena that allow a more meaningful understanding. Therefore, the objective of the study is to determine the potential of teaching the process of nuclear fusion to generate understandings in chemistry. The planning process of the activity was guided by a reflective and validation exercise with science teachers in initial training in the subject Development of Scientific Thinking of the Bachelor's Degree in Natural Sciences of the Universidad de La Sabana, which was implemented in a class session. The results obtained from the students' writings reflect advances in their understanding of the notions of isotopes, the relationship between the atomic number and the number of protons in the atom, and that high thermal energy conditions can trigger nuclear fusions that explain the origin of chemical elements at the level of the universe. This classroom work is presented as an opportunity to bring the student closer to the physicochemical processes in the universe and their implications in the availability of materials on Earth, also, the model of nuclear fusion allows relating and evidencing central chemical concepts at the curricular level in secondary education.

Keywords: Physics education. Nuclear Fusion. Chemical Elements, Secondary Education.

Resumo

O artigo, enquadrado no ensino da física, apresenta uma experiência de aprendizagem realizada com alunos do sexto ano da Escola Jorbalán em Chía, Colômbia, relacionada com a origem dos elementos químicos no universo a partir do processo de fusão nuclear que ocorre em vários corpos celestes. A principal motivação para desenvolver a experiência corresponde à falta de contextualização dos conceitos químicos relacionados com a teoria atômica em fenômenos específicos que permitem uma compreensão mais significativa. Por conseguinte, o objectivo do estudo é determinar o potencial do ensino do processo de fusão nuclear para gerar entendimentos em química. O processo de planeamento da actividade foi orientado por um exercício de reflexão e validação com professores de ciências em formação inicial na disciplina Desenvolvimento do Pensamento Científico da Licenciatura em Ciências Naturais na Universidade de La Sabana, que foi implementado numa sessão de aula. Os resultados obtidos com os escritos dos alunos reflectem avanços na sua compreensão das noções de isótopos, a relação entre o número atómico e o número de prótons no átomo e que as condições de alta energia térmica podem desencadear fusões nucleares que explicam a origem dos elementos químicos ao nível do universo. Este trabalho em sala de aula é apresentado como uma oportunidade de aproximar o aluno dos processos físico-químicos do universo e das suas implicações para a disponibilidade de materiais na Terra, também, o modelo de fusão nuclear permite relacionar e demonstrar conceitos químicos centrais a nível curricular no ensino secundário.

Palavras-Chave: Ensino da Física. Fusão Nuclear. Elementos Químicos, Ensino Secundário.

1. Introducción

La enseñanza de la astronomía es un campo específico dentro de la didáctica de las ciencias

naturales orientado a forjar en los estudiantes esquemas de pensamiento que permitan comprender el comportamiento de los fenómenos astronómicos, las variables

[2]

implicadas en estos procesos y su relevancia para la vida en la Tierra (Valderrama, Flórez, Merchán & Villamizar, 2021). Al respecto, se establecen “niveles graduales de enseñanza y comprensión de los conceptos e ideas astronómicas: un primer nivel netamente descriptivo de los fenómenos, un segundo nivel de tipo ilustrativo de los constructos teóricos producto de observaciones y el tercer nivel orientado a contrastar los resultados de los modelos matemáticos establecidos” (Ten & Monrós, 1984, p.3). Es decir que la intencionalidad pedagógica del profesor de ciencias orienta la complejidad y profundidad de los aprendizajes esperados en el campo de la astronomía, aplicado en este caso particular, en contextos formales de enseñanza.

En esta experiencia, el objetivo central consistió en aproximar a los estudiantes a describir el fenómeno de la fusión nuclear y su relación con el origen de los elementos químicos descritos hasta la actualidad, por ende, se apunta a lograr alcanzar un nivel uno de comprensión, de acuerdo con lo establecido por Ten & Monrós (1984). Un estudio análogo disponible en la literatura es el realizado por Ramos, Peralta, Monroy & Cardona (2011), en donde se llevó a cabo un trabajo de aula orientado a abordar contenidos temáticos introductorios de la física nuclear, como el proceso de fusión y la estructura atómica, en contextos de educación secundaria. Adicionalmente, el ejercicio permite afianzar conceptos químicos como las partículas subatómicas presentes en el átomo, número atómico, noción de isótopos, entre otros.

Desde el punto de vista disciplinar, el proceso de fusión nuclear es definido como un método de obtención de energía a partir de la unión de dos núcleos ligeros para dar lugar a otro más pesado, es decir, transformar la naturaleza química original de las especies originales para desencadenar en la obtención de un elemento

químico más pesado a partir de la colisión de dos protones (Young & Freedman, 2009, p.812). La figura 1 ilustra un esquema genérico del proceso de fusión nuclear de dos isótopos del Hidrógeno (Deuterio y Tritio), que, a partir de condiciones elevadas de temperatura, desencadenan en la obtención de Helio y la liberación de energía. En este contexto, es necesario comprender que los isótopos corresponden a átomos del mismo elemento, es decir con el mismo número de protones, pero que poseen diferente número de neutrones en el núcleo atómico.

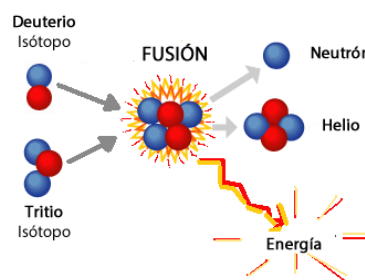


Figura 1. Esquema general del proceso de fusión nuclear de dos isótopos de Hidrógeno para obtener Helio. **Fuente:** <https://n9.cl/eovj1>

En este sentido, el fundamento general de la nucleosíntesis estelar expuesto anteriormente se presenta como un argumento de tipo científico que explica el origen de los diversos elementos químicos en el universo, a partir de fusiones nucleares que se producen en cuerpos celestes como las estrellas que poseen condiciones de temperatura óptimas para desencadenar estos procesos. También, otro eje de reflexión en este tópico es la relación entre los porcentajes de abundancia de los elementos en el universo y su masa atómica, factor comprensible a partir de la comprensión del núcleo atómico y del significado del número de protones.

4. Metodología

El estudio se enmarca en un enfoque cualitativo de tipo descriptivo que presenta de manera secuencial y ordenada los sucesos de una experiencia de aula desarrollada con estudiantes de grado sexto del Colegio Jorbalán de Chía, vinculado con el ejercicio de la asignatura Desarrollo del Pensamiento Científico de la Licenciatura en Ciencias Naturales de la Universidad de La Sabana. La metodología se desarrolló en las siguientes etapas ilustradas en la figura 2:

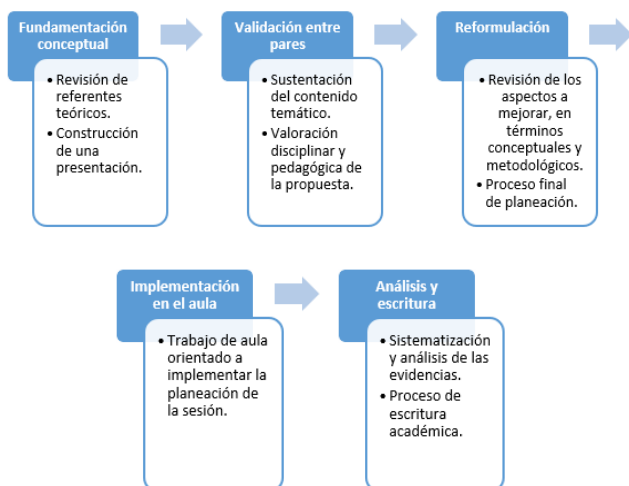


Figura 2. Etapas del desarrollo de la experiencia de aula. **Fuente:** Elaboración propia

Para llevar a cabo el proceso de implementación en el aula, se diseñó una guía de trabajo en donde los estudiantes visibilizaron sus concepciones previas y sus comprensiones con respecto al proceso de fusión nuclear. A su vez, para ilustrar el proceso, se emplearon modelos físicos de esferas para representar las partículas subatómicas de las especies involucradas. El ejercicio se desarrolló en una sesión de clase de una hora mediado por una dinámica de trabajo por equipos. En la figura 3 se ilustra el diseño de

las orientaciones para el desarrollo de la actividad.

La guía de trabajo pertenece a la Universidad de La Sabana, Colegio Jorbalán de Chía, para la sesión "ORIGEN DE LOS ELEMENTOS QUÍMICOS EN EL UNIVERSO". Incluye:

- Un encabezado con el nombre de la institución y el título de la sesión.
- Campos para el nombre de los estudiantes, el grado (SEXTO) y la fecha.
- Una sección de bienvenida que pide responder preguntas como: "¿Cuáles elementos químicos conoces?" y "¿Cuál crees que sea el origen de esos elementos?".
- Una sección de instrucciones que pide prestar atención al proceso fisicoquímico y dibujar un esquema de fusión nuclear.
- Un diagrama central que muestra la fusión nuclear de dos núcleos de hidrógeno (deuterio y tritio) para formar helio y liberar energía.
- Una sección de lectura que explica la nucleosíntesis estelar.
- Una sección final que pide describir lo aprendido durante la sesión.

Figura 3. Guía de trabajo del ejercicio en el aula. **Fuente:** Elaboración propia

5. Resultados

Los resultados y evidencias recopiladas durante la sesión de implementación son sistematizados y presentados en la Tabla 1, en donde se resaltan diversas etapas de la guía de trabajo: saberes previos de los estudiantes, fundamentación y/o conceptualización (llevada a cabo a partir de una exposición magistral y la lectura de un párrafo), representación de la fusión nuclear y los aprendizajes adquiridos.

En las concepciones previas, los estudiantes escribieron los elementos químicos que conocían y formularon una hipótesis sobre su posible origen. En la casilla de fundamentación, luego de una explicación magistral del docente, los estudiantes describieron una idea central sobre el proceso de nucleosíntesis estelar y su importancia a nivel químico. Posteriormente, dibujaron un esquema de representación del modelo de fusión nuclear del hidrógeno, especificando el número de protones y neutrones de los isótopos correspondientes. Finalmente,

los alumnos declararon el aprendizaje más significativo desarrollado durante la clase.

6. Discusiones

Las evidencias reflejadas en la tabla 1 representan una aproximación o avance preliminar sobre la comprensión del fenómeno de fusión nuclear. Con respecto a las concepciones previas, los estudiantes escriben diversos elementos químicos que reconocen al haber trabajado previamente con la tabla periódica. A su vez, respecto a un origen tentativo de dichos elementos, algunos estudiantes destacan la Tierra y el origen mineral; por otro lado, otros precisan al espacio como el lugar de procedencia de los elementos conocidos actualmente. Esto permite evidenciar que los estudiantes antes de desarrollar la actividad no consideran dentro de sus argumentos procesos a nivel subatómico, sino que mencionan únicamente el lugar de origen.

La etapa de conceptualización (exposición magistral y lectura) fue un paso necesario para el desarrollo de la actividad debido a que el proceso de fusión nuclear integra diversos contenidos temáticos del área de química que no han sido trabajados por completo con los estudiantes de grado sexto. Sin embargo, esta etapa les permitió a algunos estudiantes situar el fenómeno en cuerpos celestes como las estrellas y sus elevadas temperaturas, otros mencionaron al Big Bang como un suceso importante en el origen del universo y finalmente, otros simplemente resaltaron la importancia del ejercicio de aula.

Posteriormente, en el proceso de construcción guiado del esquema de representación de la fusión nuclear, se evidencian avances en el reconocimiento de los protones y neutrones como partículas subatómicas presentes en el núcleo de los elementos y también, la gran mayoría representa de manera clara que el proceso permite obtener a partir de dos isótopos de Hidrógeno, un átomo de Helio.

Sin embargo, ningún diagrama especificó la necesidad de unas condiciones de temperatura óptimas. La figura 4 ilustra una fotografía de la organización del aula al momento de la construcción con los modelos moleculares didácticos en físico.



Figura 4. Organización del aula al momento de la construcción del proceso de fusión nuclear con los modelos moleculares.

Fuente: Elaboración propia

Finalmente, un breve análisis de los aprendizajes adquiridos en la sesión permite establecer que la gran mayoría de estudiantes destacó que el número de protones representa el número atómico de un elemento en la tabla periódica y en algunos casos.

Tabla 1. Sistematización de las evidencias del trabajo de aula. **Fuente:** Elaboración propia.



GRUPO	CONCEPCIONES PREVIAS	FUNDAMENTACIÓN	ESQUEMA FUSIÓN NUCLEAR	APRENDIZAJES
G001	<p>¿Cuáles elementos químicos conoces? <u>Carbono, Plomo, Niquel, cobre, Hierro.</u></p> <p>¿Cuál crees que sea el origen de esos elementos? <u>Carbono, silicio, hierro, Aluminio y platino, Hierro de las rocas.</u></p>	<p>¿Qué piensas respecto a la información suministrada en el párrafo? <u>Que Bas en base información de Planck que todo inicio de las estrellas son burbujas por el universo, eso cuando colisionan forman un agujero negro y lo de las estrellas fue causado por la teoría del big bang.</u></p>		<p>¿Qué aprendiste durante la sesión de trabajo? <u>Que la Fusión del Hidrogeno a tritio forma un atomo de Helio.</u></p>
G002	<p>¿Cuáles elementos químicos conoces? <u>hidrogeno, oxigeno, sodio, Carbono, Hierro, Sodio, Calcio.</u></p> <p>¿Cuál crees que sea el origen de esos elementos? <u>de las montañas de las rocas de la atmosfera, de la tierra y</u></p>	<p>¿Qué piensas respecto a la información suministrada en el párrafo? <u>de el nucleosintesis estelar es un conjunto de reacciones que originan el big bang.</u></p>		<p>¿Qué aprendiste durante la sesión de trabajo? <u>sobre el origen de los elementos químicos y nucleosintesis estelar.</u></p>
G003	<p>¿Cuáles elementos químicos conoces? <u>Carbono / Hierro / Calcio.</u></p> <p>¿Cuál crees que sea el origen de esos elementos? <u>De la tierra.</u></p>	<p>¿Qué piensas respecto a la información suministrada en el párrafo? <u>Dicen sobre la nucleosintesis y da ejemplos. Tambien esta bien explicada.</u></p>		<p>¿Qué aprendiste durante la sesión de trabajo? <u>Vic protones y neutrones. Sada protones y neutrones.</u></p>
G004	<p>¿Cuáles elementos químicos conoces? <u>Carbono y Hierro.</u></p> <p>¿Cuál crees que sea el origen de esos elementos? <u>De la naturaleza.</u></p>	<p>¿Qué piensas respecto a la información suministrada en el párrafo? <u>Que mas habla sobre el origen de la tierra, estrellas etc...</u></p>		<p>¿Qué aprendiste durante la sesión de trabajo? <u>Aprendi que era bien los neutrones y protones mas claramente.</u></p>
G005	<p>¿Cuáles elementos químicos conoces? <u>Uranio, Calcio, Polonio, Sodio, Hierro, Oxigeno.</u></p> <p>¿Cuál crees que sea el origen de esos elementos? <u>El espacio.</u></p>	<p>¿Qué piensas respecto a la información suministrada en el párrafo? <u>Las estrellas son pequeñas bolas de fuego, compuestas de gas y que están a muy altas temperaturas, el sol es una estrella.</u></p>		<p>¿Qué aprendiste durante la sesión de trabajo? <u>Que el numero de los elementos de la tabla periodica es el numero de protones.</u></p>

GRUPO	CONCEPCIONES PREVIAS	FUNDAMENTACIÓN	ESQUEMA FUSIÓN NUCLEAR	APRENDIZAJES
G006	<p>¿Cuáles elementos químicos conoces? <u>Carbono, Diamante, Xenon, Francio, Hierro, etc.</u></p> <p>¿Cuál crees que sea el origen de esos elementos? <u>del magma de la tierra y la fusión y el origen del universo</u></p>	<p>¿Qué piensas respecto a la información suministrada en el párrafo? <u>Muy interesante, educativo se puede aprender mucho de esa información y porque el espacio tiene elementos químicos y de mucha importancia.</u></p>		<p>¿Qué aprendiste durante la sesión de trabajo? <u>sobre los protones en la tabla periódica</u></p>
G007	<p>¿Cuáles elementos químicos conoces? <u>Niquel, Plomo, Zinc, Azufre, Hierro, Radio, Bario, Sodio, Carbono y oro etc...</u></p> <p>¿Cuál crees que sea el origen de esos elementos? <u>origen Mineral</u></p>	<p>¿Qué piensas respecto a la información suministrada en el párrafo? <u>El Big Bang fue importante porque al producirse varios elementos fueron creados por el y han sido muy importantes para el hombre</u></p>		<p>¿Qué aprendiste durante la sesión de trabajo? <u>los elementos químicos y las fusiones</u></p>
G008	<p>¿Cuáles elementos químicos conoces? <u>El oxígeno, Hidrogeno, calcio, plata.</u></p> <p>¿Cuál crees que sea el origen de esos elementos? <u>el origen de los planetas viene de la unión de el hidrogeno, el oxígeno y de la tabla periódica.</u></p>	<p>¿Qué piensas respecto a la información suministrada en el párrafo? <u>Que el big bang es responsable de la creación de los elementos químicos</u></p>		<p>¿Qué aprendiste durante la sesión de trabajo? <u>Que los cationes positivos se vuelven Negativos</u></p>
G009	<p>¿Cuáles elementos químicos conoces? <u>Hierro y Niquel y Calcio</u></p> <p>¿Cuál crees que sea el origen de esos elementos? <u>Por explosiones y desmoronamientos.</u></p>	<p>¿Qué piensas respecto a la información suministrada en el párrafo? <u>Que el sol es una estrella y que del Big Bang salió la tierra y las rocas.</u></p>		<p>¿Qué aprendiste durante la sesión de trabajo? <u>Marianne: Aprendí a diferenciar el deuterio y Tritio Zaira: Aprendí cual es el origen de los elementos químicos</u></p>

7. Conclusiones

El origen de los elementos químicos es una cuestión relevante y profunda para abordar en el aula, haciendo explícito el fundamento y etapas del proceso de fusión nuclear, fenómeno que se presenta como una oportunidad para integrar diversos conceptos químicos, como lo son átomo, protones, neutrones, elemento químico, isótopos, entre otros. A pesar de la complejidad de las fusiones nucleares, los estudiantes de grado sexto demostraron avances en sus comprensiones sobre el origen de los elementos químicos. Finalmente, los procesos de reflexión y validación entre pares académicos de las propuestas de intervención en el aula favorecen el desarrollo de planeaciones pertinentes y coherentes desde la perspectiva disciplinar y pedagógica.

8. Referencias

Ramos, E. P., Peralta, J. J., Monroy, I. A., & Cardona, G. (2011). Propuesta pedagógica en torno a tópicos introductorios de física nuclear. *Revista Científica*, 13(1), 300-305.

Ten, A. E., & Monrós, M. A. (1984). Historia y enseñanza de la Astronomía. Los primitivos instrumentos y su utilización pedagógica. *Enseñanza de las ciencias: revista de investigación y experiencias didácticas*, 49-56.

Valderrama, A., Flórez, D. S. N., Merchán, N. Y. T., & Villamizar, N. V. (2021). Enseñanza de la Astronomía en Colombia: Aportes y Desafíos. *Tecné, Episteme y Didaxis: TED*, 2538-2547.

Young & R. A. Freedman (2009). *Física universitaria, con física moderna volumen 2*. México: Pearson Educación

ENSEÑANZA DE LA FÍSICA MEDIANTE EL ABORDAJE DE CUESTIONES SOCIOCIENTÍFICAS EN EL CONTEXTO COLOMBIANO

ENSINO DE FÍSICA ABORDANDO QUESTÕES SOCIOCIENTÍFICAS NO CONTEXTO COLOMBIANO

TEACHING PHYSICS BY ADDRESSING SOCIO-SCIENTIFIC ISSUES IN THE COLOMBIAN CONTEXT

Cod. DIC 14

James Stevan Arango Ramírez ^{1*} , Ángel Enrique Romero Chacón ^{**} 

Arango, J. y Romero, A. (2023). Enseñanza de la física mediante el abordaje de cuestiones sociocientíficas en el contexto colombiano. *Góndola, Enseñanza y Aprendizaje de las Ciencias*, Número especial, v18, pp.1-14

Resumen

En las últimas décadas, el abordaje de Cuestiones Sociocientíficas en la enseñanza de las ciencias naturales ha venido tomando fuerza; sin embargo, se percibe que la mayoría de los estudios se enfocan en problemáticas controversiales con concepto de la biología y de la química, dejando un poco rezagados los conceptos propios de la física. Mediante la presente ponencia, pretendemos generar interés de los maestros en formación y en ejercicio sobre dichas cuestiones en el marco del enfoque Ciencia, Tecnología, Sociedad y Ambiente para incorporarlas en la enseñanza de la física, con el propósito de: promover la apropiación de conceptos científicos, reflexionar sobre la naturaleza de las ciencias y contribuir a la formación de ciudadanos responsables e informados sobre problemáticas reales que ocurren en Colombia. A manera de ejemplo, en esta ocasión queremos hacer referencia a dos cuestiones que son de gran importancia en la actualidad del país a nivel político, económico, social, científico y ambiental. Se trata de la transición energética hacia “energías limpias” que está siendo impulsada por el actual Gobierno y la continuidad o no del Fracking o Fracturación hidráulica para la extracción de combustibles fósiles. A manera de conclusión, el abordaje de Cuestiones Sociocientíficas sobre problemáticas asociadas a la Física, pueden contribuir al aprendizaje de conceptos científicos, teorías y explicaciones propias de dicha disciplina, al tiempo que se forma a los estudiantes para la

* Magister en Educación, Profesor de Cátedra, Universidad de Antioquia, Colombia james.arango@udea.edu.co, - ORCID <https://orcid.org/0000-0002-4034-6626>.

** PhD, Profesor Vinculado Universidad de Antioquia, Colombia, - ORCID <https://orcid.org/0000-0002-5256-5535>

acción sociopolítica en un mundo globalizado y caracterizado por la sobreexplotación de recursos naturales.

Palabras clave: CTSA, Fracking, Transición Energética, Energía, Acción Sociopolítica.

Abstract

In recent decades, the approach to Socioscientific Issues in the teaching of natural sciences has been gaining strength; However, it is perceived that most studies focus on controversial problems with the concept of biology and chemistry, leaving the concepts of physics a little behind. Through this paper, we intend to generate interest from teachers in training and in practice on these issues within the framework of the Science, Technology, Society and Environment approach to incorporate them into the teaching of physics, with the purpose of: promoting the appropriation of scientific concepts, reflecting on the nature of science and contributing to the formation of responsible and informed citizens about real problems that occur in Colombia. As an example, on this occasion we want to refer to two issues that are of great importance in the country today at the political, economic, social, scientific and environmental levels. It is about the energy transition towards "clean energies" that is being promoted by the current Government and the continuity or not of Fracking or Hydraulic Fracturing for the extraction of fossil fuels. By way of conclusion, the approach of Socioscientific Issues on problems associated with Physics, can contribute to the learning of scientific concepts, theories and explanations of this discipline, while training students for sociopolitical action in a globalized world and characterized by the overexploitation of natural resources.

Keywords STSE, Fracking, Energy Transition, Energy, Sociopolitical Action.

Resumo

Nas últimas décadas, a abordagem das Questões Sociocientíficas no ensino das ciências naturais vem ganhando força; No entanto, percebe-se que a maioria dos estudos se concentra em problemas controversos com o conceito de biologia e química, deixando os conceitos de física um pouco para trás. Por meio deste artigo, pretendemos gerar interesse dos professores na formação e na prática sobre essas questões no âmbito da abordagem ciência, tecnologia, sociedade e meio ambiente para incorporá-los ao ensino da física, com o objetivo de: promover a apropriação de conceitos científicos, refletir

sobre a natureza da ciência e contribuir para a formação de cidadãos responsáveis e informados sobre os problemas reais que ocorrem na Colômbia. Como exemplo, nesta ocasião queremos nos referir a duas questões que hoje são de grande importância no país nos níveis político, econômico, social, científico e ambiental. Trata-se da transição energética para "energias limpas" que está sendo promovida pelo atual Governo e a continuidade ou não de Fracking ou Fraturas Hidráulicas para a extração de combustíveis fósseis. Por meio da conclusão, a abordagem das Questões Sociocientíficas sobre os problemas associados à Física, pode contribuir para a aprendizagem de conceitos científicos, teorias e explicações dessa disciplina, ao mesmo tempo em que formam estudantes para a ação sociopolítica em um mundo globalizado e caracterizado pela superexploração dos recursos naturais.

Palavras chave: CTSA, Fracking, Transição Energética, Energia, Ação Sociopolítica.

1. Introducción

En el actual año 2022, se cumplen 60 años de la publicación del libro *Los Límites del Crecimiento*, en el cual Donella Meadows y compañía, llegaron a la conclusión que: si el actual incremento de la población, industrialización, contaminación, la producción de alimentos y la explotación de los recursos naturales se mantiene sin variación, alcanzará los límites absolutos de crecimiento en la Tierra durante los próximos cien años.

Sin embargo, aunque algunas ONG han hecho eco de estas palabras, para la mayoría de la población mundial este mensaje es desconocido o es ignorado y muchos gobiernos mundiales y empresas capitalistas, estas advertencias son erróneas y desestimadas; esto ha llevado a la actual crisis climática y ambiental que afecta al mundo.

En atención a ese llamado y en el marco de la Educación en Ciencias Naturales, surgió hace más de cuarenta años el enfoque CTS, cuyo propósito según Membiela Iglesia (1997) ha sido el de promover la alfabetización científica y tecnológica de los ciudadanos para que puedan participar en el proceso democrático de toma de decisiones y en la resolución de problemas relacionados con la ciencia y la tecnología.

En Colombia, este enfoque hace parte de los Estándares Básicos por Competencias en Ciencias Naturales y Sociales, desde el año 2004; a pesar de ello, sabemos que autores como Hodson (2004) y Zeidler, Sadler, Simmons & Howes (2005) invitan a ir más allá del CTS tradicional para centrarse en el abordaje de las Cuestiones Sociocientíficas y una Educación CTSA en la cuales, además de

promover la apropiación de conocimiento científico, se hagan explícitas reflexiones sobre la Naturaleza de la Ciencia, se tengan en cuenta cuestiones éticas de las prácticas científicas y se de espacio para la argumentación y el debate en ambientes que permiten la construcción social del conocimiento para el mejoramiento de la calidad de vida de los estudiantes.

2. Marco de Referencia

En primer lugar, para esta propuesta acogemos una perspectiva sociocultural de las ciencias naturales. En concordancia, la ciencia se puede entender como una empresa humana en continua construcción, en el marco de un contexto social, político, económico e histórico, que condiciona su evolución (Asencio, 2014).

En ese sentido, es una actividad humana que está íntimamente relacionada con el estudio de los fenómenos físicos, químicos, biológicos entre otros, pero al mismo tiempo, implica una práctica social que requiere de un trabajo colectivo que debe estar sujeto constantemente a la revisión pública, lo que necesita: sustentar, justificar, debatir, exponer, validar, refutar, argumentar, consensuar, entre otros; procesos de orden epistémico.

Lo dicho anteriormente, requiere de una ciudadanía crítica capaz de problematizar los usos de la ciencia y la tecnología. A propósito, con concordamos con Gallagher, (1971, p. 337) “Para futuros ciudadanos en una sociedad democrática,

comprender la interrelación entre ciencia, tecnología y sociedad puede ser tan importante como entender los conceptos y los procesos de la ciencia”. Es por ello que consideramos clave promover las reflexiones CTSA en las clases de Ciencias Naturales.

En los que sigue, presentamos cómo se originó en enfoque CTS, su evolución hacia las Cuestiones Sociocientíficas y cómo estas últimas, pueden incorporarse a la enseñanza e la Física.

2.1. El devenir del enfoque CTS hacia el CTSA y CSC

El movimiento educativo CTS surgió en los años sesenta y setenta en los campus universitarios, y se extendió a la educación secundaria en la década de los ochenta.

Nace en Norteamérica y Europa como respuesta a la crisis que comenzó a hacerse muy visible a comienzos de los años sesenta en la relación que mantenía la sociedad con la ciencia y la tecnología, respecto a las consecuencias sociales de la tecnología, en relación con las problemáticas ambientales, por lo que se debe analizar los límites del crecimiento científico y tecnológico desde una visión crítica de su impacto en la sociedad.

En el marco del CTS tradicional, Waks (1990) y Hodson (1994) proponen una serie de asuntos relacionados con problemáticas que pueden analizarse con los estudiantes en las clases de Ciencias Naturales, queremos resaltar en negrita, aquellas vinculadas con las dos cuestiones que queremos proponer a

los maestros de física, poder trabajar con sus estudiantes:

- ✓ El hambre en el mundo, los recursos alimentarios y la agricultura
- ✓ La calidad del aire y de la atmósfera.
- ✓ Los recursos hídricos, **la escasez de energía y las energías alternativas.**
- ✓ La tecnología para la guerra, armas biológicas, reacciones nucleares.
- ✓ La salud humana y las enfermedades.
- ✓ **El uso del suelo y los recursos minerales.**
- ✓ **El uso de sustancias peligrosas o tóxicas.**

El propósito central de tratar dichas cuestiones en el aula, es el de analizar con los estudiantes los impactos de las acciones antrópicas y los efectos de ciertos desarrollos tecnocientíficos en la sociedad y en el ambiente y cómo los intereses políticos y económicos influyen en la toma de decisiones en dichos desarrollos; lo cual conlleva a la conceptualización, mediante la identificación de grupos de conceptos científicos y de sus relaciones necesarias para el debate escolar en las diversas áreas del conocimiento, pero en nuestro caso particular, de la Física.

En concordancia con lo anterior, Waks (1990) plantea una serie de cuestionamientos que deben hacerse los maestros en relación con la incorporación de estas problemáticas en el aula, algunas de ellas:

- ¿Son directamente aplicables a la vida actual de los niños y jóvenes?

- ¿Son adecuados al nivel de desarrollo cognitivo y a la madurez social?
- ¿Son importantes en el mundo actual tanto para los estudiantes como para sus familias, y probablemente permanecerán como tal para una proporción significativa de ellos en su vida adulta?
- ¿Pueden aplicar lo aprendido en contextos distintos al aula?
- ¿Son temas que generan en interés y entusiasmo?
- ¿Los temas seleccionados están integrados al currículo y a los planes de área o pueden incluirse?

Al tener en cuenta los anteriores interrogantes, un maestro puede optar por seleccionar una problemática adecuada, pertinente, motivadora y significativa para emprender con sus estudiantes mediante el dialogo y el trabajo colaborativo, y de este modo facilitar la construcción de conocimientos y de argumentos, de hacerlos explícitos y así favorecer el aprendizaje de los estudiantes. A manera de sugerencia, invitamos a los maestros a identificar en el marco de los Estándares Básicos por competencias o a partir de los Derechos Básicos de Aprendizaje, qué conceptos científicos pueden asociarse a ciertos contenidos CTS, teniendo en cuenta, que este mismo enfoque se encuentra presente en dichos documentos guía.

Algunos autores como Hodson (2003; 2004) y Zeidler, Sadler, Simmons & Howes (2005) coinciden en que es necesario “ir más allá del

enfoque CTS tradicional”, dado el auge de los impactos sociales de la ciencia y la tecnología, así como la debilidad detectada en esta mirada que puede promover una alfabetización científica vinculada con visiones positivistas de la ciencia que no ayudan al desarrollo del pensamiento crítico en los estudiantes y no les permite comprender la Naturaleza de la Ciencia.

En relación con lo anterior, Hodson (2004) promueve una alfabetización científica crítica en los estudiantes que permita una formación para la acción sociopolítica y a superar los discursos en los cuales “lamentablemente la ciencia es considerada como un cuerpo de conocimiento que puede ser transmitido por los maestros, memorizado por los estudiantes, y reproducido en los exámenes” (p. 2).

En Hodson (2021) el autor establece una serie de propósitos que se desean alcanzar con el abordaje de algunas de estas problemáticas mencionadas anteriormente, en las clases de ciencias naturales, los cuales que apuntan a que los estudiantes puedan:

Aprender ciencias para adquirir y apropiar un lenguaje científico, una comprensión sólida de algunos conceptos, ideas y principios fundamentales, teorías de la ciencia y la capacidad de usarlas apropiada y efectivamente tanto en el mundo real como en situaciones simuladas. Para nosotros, esto implica el desarrollo de un pensamiento científico.

Aprender sobre ciencia y práctica científica para desarrollar una comprensión de las características de la investigación científica, el papel y el estado del

conocimiento que genera, las circunstancias sociales e intelectuales que rodean el origen y desarrollo de importantes teorías científicas, las formas en que la comunidad científica establece y supervisa la práctica profesional, incluida una clara comprensión de las convenciones lingüísticas para informar, defender, escudriñar y validar las afirmaciones científicas, y conciencia de las complejas interacciones entre ciencia, tecnología, sociedad y medio ambiente. Para nosotros, significa problematizar los usos y la divulgación de la ciencia y la tecnología, así como promover reflexiones metacientíficas o aprender sobre la Naturaleza de la Ciencia.

Hacer ciencia para participar y ganar experiencia en la resolución de problemas, construcción de hipótesis, comunicación de hallazgos y conclusiones a otras personas.

Abordar Cuestiones Sociocientíficas para desarrollar las habilidades críticas y confrontar los saberes científicos con aspectos sociales, económicos, ambientales y ético- morales de las Cuestiones Sociocientíficas, y encontrar formas socialmente responsables de responder a las problemáticas del contexto.

Para cumplir con estos objetivos, el mismo autor propone que las actividades de aula estén permeadas por los siguientes criterios:

- ✓ Apreciar con los estudiantes el impacto social y ambiental de los cambios

científicos y tecnológicos, reconociendo que la ciencia y la tecnología están, en cierta medida, determinadas culturalmente.

- ✓ Entender que las decisiones sobre el desarrollo científico y tecnológico se toman en favor de intereses y que los beneficios acumulados para algunos pueden ser a expensas de otros. Los avances en la ciencia y la tecnología están indisolublemente ligados con la distribución de la riqueza y el poder.
- ✓ Abordar con los estudiantes controversias que les permitan aclarar valores, resolver dilemas éticos, formular y desarrollar opiniones propias y justificarlas a través de discusiones y argumentos.
- ✓ Preparar y tomar acciones responsables e informadas en materia ambiental, lo que implica aprender sobre la acción, aprender a través de la acción y aprender de la acción (acciones sociopolíticas).

Por su parte, para Zeidler, Sadler, Simmons y Howes (2005) ir más allá del CTS implica el abordaje de Cuestiones Sociocientíficas, las cuales se definen como dilemas o controversias sociales que tienen en su base nociones científicas; es decir, son una serie de asuntos polémicos, que si bien son tratados mediante debates por los agentes sociales (partidos políticos, colectivos de ciudadanos, medios de comunicación, organizaciones, comunidad científica, entre otros), en su esencia están vinculados con la toma de decisiones surgidas por avances de la ciencia y la tecnología que requieren de la intervención de una ciudadanía informada. En otras palabras, se conciben dichas cuestiones como la posibilidad de dar una

mirada crítica a las acciones, decisiones, instrumentos, y productos como consecuencia de avances científicos y tecnológicos que impactan directamente en la vida de las personas, o en el ambiente. En nuestro caso, proponemos dos asuntos polémicos para el contexto colombiano, que se pueden abordar como CSC para promover el aprendizaje de conceptos propios de la Física, al tiempo que se forma para la ciudadanía responsable a los estudiantes, dichas cuestiones son: la transición energética hacia “energías limpias” y el Fracking o Fracturación hidráulica.

2.2. El abordaje de Cuestiones Sociocientífica en el campo de la Física.

En nuestra experiencia como profesores y asesores de trabajos de investigación relacionados con el enfoque CTSA y el abordaje de Cuestiones Sociocientíficas, hemos percibido que la mayoría de las controversias se plantean en relación con conceptos propios de la Biología y la Química, dejando relegada a la Física. Es por ello, que hemos planteados dos posibles escenarios en los cuales se pueden abordar dos asuntos polémicos para el contexto colombiano como lo son: la transición energética y el fracking.

La Energía eléctrica que se consume en los hogares colombianos proviene de dos fuentes: las hidroeléctricas y de plantas que funcionan con Diesel y gas, en ambos casos, se podría hablar del impacto ambiental de ambas alternativas, pues desde hace años se viene planteando la necesidad de buscar energías más limpias como lo son la solar y la eólica. En este caso, se puede plantear un

estudio sobre la viabilidad de dicha transición en el país y sobre la eficiencia de las diferentes fuentes de energía a partir de la del campo conceptual entorno a este último concepto.

Se puede decir entonces, que hay un consenso que la transición energética y el cambio climático están directamente relacionadas, pues el objetivo de este proceso es reemplazar gradualmente las energías no renovables, es decir, las que se generan a partir de combustibles fósiles, por energías renovables, obtenidas de fuentes “inagotables”, como la eólica y la solar, pero ¿qué tan viables y eficientes son estas dos alternativas?

La energía eólica es aquella que se obtiene a partir de la fuerza del viento. Mediante una Turbina eólica o un aerogenerador instalado en la tierra o en el mar que transforma la energía cinética de las corrientes de aire en energía eléctrica. El proceso de extracción se realiza principalmente gracias al rotor, que transforma la energía cinética en energía mecánica, y al generador, que transforma dicha energía mecánica en eléctrica. (Álvarez, 2006).



Figura 1. Imagen de referencia sobre la energía eólica.

Fuente: Tomada de <https://pixabay.com/> con Licencia Creative Commons.

En relación con la eficiencia de la energía eólica, se puede investigar con los estudiantes, en la actualidad, cuál es el rendimiento actual alcanzado. La transformación de la energía eólica en eléctrica ya ha alcanzado niveles satisfactorios de rendimiento. Se habla de una eficiencia entre el 40% y el 50%, muy cercana al máximo teórico alcanzable que, según la ley de Betz, es del 59%.

Respecto a la energía solar, esta se obtiene a partir de la radiación solar que llegan a la tierra en forma de luz, calor o rayos ultravioletas y que son capturadas por los paneles solares. Esta energía es limpia y renovable. Su fuente es el sol, por ello podemos considerarla un recurso ilimitado.



Figura 2. Imagen de referencia sobre la energía solar.

Fuente: Tomada de <https://pixabay.com/> con Licencia Creative Commons.

Respecto a la eficiencia de este tipo de energía, según Flores y Domínguez (2016) la teoría más adecuada para estudiar la eficiencia es la desarrollada por Shockley y Queisser, la cual establece que la corriente producida por una celda solar está determinada por la diferencia entre el número de fotones absorbidos y el de aquellos emitidos por el mismo dispositivo.

Un primer acercamiento a los estudiantes sobre asuntos relacionados con la transición energética puede ser entre los grados cuarto y quinto, pues en los estándares Básicos por Competencias MEN (2004) se incluye en la columna CTS: que los estudiantes identifiquen y describan aparatos que generan energía luminosa, térmica y mecánica, asimismo, para los grados sexto y séptimo, décimo y undécimo, se propone que los estudiantes analicen el potencial de los

recursos naturales de mi entorno para la obtención de energía e indiquen sus posibles usos.

Cabe destacar, que ni en los EBC ni en los DBA, se abordan el tema de la transición energética y no se menciona la energía eólica y la solar se aborda, pero en el contexto de la fotosíntesis. Es labor del maestro problematizar este tema, que se puede abordar desde diferentes disciplinas científicas.

Desde hace ya varios años, el tema del fracking es una controversia en Colombia, el cambio de Gobierno en el actual año 2022 ha llevado a su suspensión. Diferentes agentes sociales han participado del debate alrededor de esta polémica técnica de extracción de petróleo y gas. La controversia ha girado en torno a su posible impacto negativo en un país que se considera megadiverso cultural y biológicamente hablando. Dicha polémica se centra entonces en la clásica dicotomía ambiente vs progreso (Mazo, Arango y Amelines, 2019)

El fracking o fracturación hidráulica, es una técnica que implica varias perforaciones, una vertical y varias horizontales en la roca sedimentada y que se puede extender por varios kilómetros alrededor del pozo en diversas direcciones (Valdés, 2016). A través de dichas perforaciones horizontales, se inyecta una mezcla de agua, arena y otras sustancias, que elevan la presión del pozo y provocan la salida ya sea de gas natural o petróleo, es decir, el agua y los químicos reemplazan los hidrocarburos (Webb et al, 2014). Para entender el funcionamiento de esta técnica nos podemos referir a conceptos

de la hidráulica como: presión, dinámica y estática de fluidos.

2.3. Reflexiones sobre la Naturaleza de la Ciencia.

Desde nuestra perspectiva, es clave que en las clases de ciencias se incorporen reflexiones acerca de la Naturaleza de las Ciencias -NdC- fundamentadas en una mirada sociocultural de la construcción de conocimiento científico. Es decir, una perspectiva acerca de la NdC que permita visibilizar la pluralidad y el cambio constante en las preguntas, explicaciones, procedimientos y cánones de científicidad y, al mismo tiempo, posibilite develar la incertidumbre y el carácter inacabado del conocimiento. Una tal perspectiva se convierte en un espacio propicio para poner en relación los procesos epistémicos inherentes a enseñar a hacer ciencias -proponer, defender, negociar, validar y compartir significados y representaciones- y aquellos concernientes a enseñar acerca de las ciencias.

Precisamente, para Kolstø (2000) es necesario mejorar la comprensión en los estudiantes de la NdC, pues esta pone especial acento en los procesos sociales de la construcción del conocimiento científico y en la resolución de controversias científicas. El autor pone en manifiesto cuatro grandes categorías:

- La ciencia como un proceso social.
- Las limitaciones de la ciencia.
- Valores en la ciencia.
- Actitud Crítica.

A continuación, presentamos una propuesta para promover en los estudiantes reflexiones CTSA y Cuestiones Sociocientíficas en las clases de Ciencias Naturales.

Secuencias de enseñanza-aprendizaje como estrategia didáctica para el abordaje de CSC en las clases de Ciencias Naturales

Para abordar estos temas polémicos en las clases de Física, sugerimos el diseño de secuencia enseñanza-aprendizaje. A propósito, Meheut y Psillos (2004) definen estas secuencias como actividades inspiradas en la investigación educativa con el objetivo de ayudar a los estudiantes en la comprensión del conocimiento científico. Por su parte, Linjse (2000) recomienda que la estructura de las secuencias de enseñanza-aprendizaje debe tener en cuenta: el contenido disciplinar, un componente motivacional y un nivel de reflexión. De esta manera, se puede promover en los estudiantes:

- El autoaprendizaje que permite el estudio individual, la búsqueda y análisis de información en diversas fuentes, la escritura de un ensayo, elaboración de historietas, construcción de mapas mentales e investigación.
- El aprendizaje interactivo, mediante la participación de los estudiantes en conferencias y seminarios, poder realizar entrevistas a especialistas, hacer visitas guiadas a museos, empresas y laboratorios.

- El aprendizaje colaborativo y el aprendizaje basado en problemas que promueven la participación de los estudiantes en actividades socioculturales y solución de casos simulados o reales, juegos de rol en general (debates, foros de discusión, juicios, panel de expertos, entre otros).

3. Metodología de sugerida para el trabajo en la clase

En esta parte del texto, queremos poner en manifiesto, que nuestra propuesta de trabajo como llamado a los profesores de Física para transformas sus prácticas educativas, también puede llevarse al campo investigativo. A manera de sugerencia, proponemos desde el paradigma de investigación cualitativa el estudio de caso como método de investigación; ya sea intrínseco, instrumental o múltiple (Stake, 1998) dependiendo de los intereses del investigador.

Pero, queremos centrarnos en el trabajo de aula para que los maestros puedan tener algunas ideas de cómo pueden incorporar las reflexiones CTSA y el abordaje de Cuestiones Sociocientíficas en las clases de Física.

Lo primero que deben saber, es que las Cuestiones Sociocientíficas no existen por si solas, son diseñadas y propuestas por los profesores a la

luz de casos reales y controversiales; ya sean del ámbito local, internacional o global.

El contexto es fundamental, si bien hay problemáticas globales que afectan a todos los ciudadanos del mundo, se pueden presentar variaciones entre los países, e incluso entre departamentos y municipios.

También es importante que los maestros tengan claro el propósito de las reflexiones CTSA y el abordaje de una CSC en su clase; si bien hay unos objetivos generales desde ellas misma, se pueden echar mano de ellas en determinados momentos o con diversos fines, por ejemplo:

- ✓ Introducir un tema particular y ciertos contenidos presentes en los Estándares o DBA.
- ✓ Motivar a los estudiantes para aprender ciencias a partir de problemáticas de contexto.
- ✓ Analizar una aseveración planteada en un artículo científico o noticia relacionada con conocimiento científico.
- ✓ Se puede asociar con el trabajo experimental.
- ✓ Se pueden plantear para la evaluación de saberes científicos y sobre la ciencia.
- ✓ Promover la argumentación sustantiva, la búsqueda de consensos y disensos en clase.
- ✓ Analizar la construcción de conocimiento a partir de casos de la

Historia y epistemología de la ciencia.

- ✓ Promover el desarrollo del pensamiento crítico en los estudiantes.
- ✓ Asociarlo con asuntos presentes en el PRAE o en proyectos escolares asociados con la Gestión del Riesgo.
- ✓ Resolver dudas o preguntas de los estudiantes.

Es tradicional ya en las reflexiones CTSA el aprovechamiento de denominados juegos de rol y los casos simulados como estrategias importantes en el abordaje de dichos asuntos en el aula. En este caso particular, sobre la viabilidad de la transición energética en Colombia o sobre si se debe continuar o no con los pilotos de Fracking en el mismo país.

Asimismo, se puede promover con los estudiantes la lectura de textos como noticias e investigaciones científicas para que puedan analizar los discursos, argumentos planteados y hacer críticas sobre lo que se dicen entorno a la controversia planteada.

4. Consideraciones finales

Es importante aclarar que este texto es una reflexión y no una investigación, parte de diez años de experiencia asesorando y desarrollando investigaciones sobre reflexiones CTSA y el abordaje de CSC, consideramos, que esta línea de investigación tiene un potencial enorme en la formación de profesores y estudiantes en Física, para contribuir a la apropiación de conceptos

científicos, teorías y explicaciones propias de dicha disciplina, al tiempo que se forma para la ciudadanía responsable e informada.

No se debe limitar la enseñanza de la ciencia en general a la transmisión de conceptos científicos, el activismo sociopolítico es crucial como propósito de la enseñanza de las ciencias naturales, porque implica materializar todas las reflexiones que se realizan en los procesos formativos. Lo anterior, permite que los participantes no sean como lo plantea Derek Hodson “unos críticos de Sillón”, sino que utilicen sus conocimientos sobre la ciencia para la resolución de problemas reales mediante la participación ciudadana basada en sus conocimientos sobre la ciencia.

Finalmente, hacemos un llamado a los maestros colombianos que se dedican a la enseñanza de las Física. Que es tiempo de empezar a incorporar problemáticas CTSA y el abordaje de Cuestiones Sociocientíficas sobre problemáticas reales y Colombia es un país perfecto, pues en la actualidad siguen siendo muy polémicas algunas de los casos citados en este texto para responder a las actuales demandas de este mundo globalizado, es necesaria una transformación de las políticas públicas en la educación en ciencias, sobre todo en relación con el enfoque CTS en los Estándares Básicos por Competencias, estos ya son obsoletos para las actuales demandas como los Objetivos del Desarrollo Sostenible y la agenda 2030.

5. Referencias

- Asencio, E. (2014). Una aproximación a la concepción de ciencia en la contemporaneidad desde la perspectiva de la educación científica *Ciência & Educação* (Bauru), vol. 20, núm. 3, 2014, pp. 549-560.
- Álvarez, C. (2006). *Manuales de energías renovables 3: Energía Eólica. Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía.*
<http://www.esengrupo.com/uploads/descargas/archivo/Manual%20de%20Energ%C3%ADa%20E%C3%B3lica%20IDAE.pdf>
- Flores, N. y Domínguez, M. A. (2016). *Medición de la eficiencia energética de los paneles solares de silicio.*
<https://cimav.repositorioinstitucional.mx/jspui/bitstream/1004/791/1/Norma%20Repositorio%20de%20Normas%20de%20Medici%C3%B3n%20de%20la%20Eficiencia%20Energ%C3%A9tica%20de%20los%20Paneles%20Solares%20de%20Silicio.pdf>
- Honson, D. (1994) Seeking directions for change: The personalisation and politicisation of science education. *Curriculum Studies*, 2, 71–98.
- Hodson, D. (2004). Going Beyond STS: Towards a Curriculum for Sociopolitical Action. *Science Education Review*, v3 n1 p2-7
- Hodson, D. (2021). Going Beyond STS Education: Building a Curriculum for Sociopolitical Activism. *Canadian Journal of Science, Mathematics and Technology Education*, v20, 592–622
- Lijnse, P. (2000). Didactics of science: ¿the forgotten dimension in science education research? En R. Millar, J. Leach, J.



UNIVERSIDAD DISTRITAL
FRANCISCO JOSÉ DE CALDAS

Góndola, Enseñanza y Aprendizaje de las Ciencias



Resultado de Investigación

- Osborne (eds.) *Improving science education: The contribution of research*, Buckingham: Open University Press. Pp. 308-326.
- Mazo, C. A., Arango, J.S. y Amelines, P.A. (2016). Discusiones sobre el fracking en Colombia como una cuestión sociocientífica. *Enseñanza y Aprendizaje de las Ciencias en Debate*. Volumen 2. Pág. 375
- Meadows, D. H. Et al (1972). *Los Límites del crecimiento: informe al Club de Roma sobre el predicamento de la humanidad*. Club de Roma. México: Fondo de Cultura Económica
- Meheut, M. y Psillos, D. (2004). Teaching-learning sequences: aims and tools for science education research. *International Journal of Science Education*, 26(5), 515-535.
- Membiela Iglesia, P. (1997). Una revisión del movimiento educativo ciencia-tecnología-sociedad. *Enseñanza de las ciencias: revista de investigación y experiencias didácticas*, Volumen 15, 51-58.
- Ministerio de Educación Nacional. (2004). Estándares básicos de Competencias en Ciencias Naturales y Ciencias Sociales. https://www.mineducacion.gov.co/1759/articulos-81033_archivo_pdf.pdf
- Ministerio de Educación Nacional. (2016). Derechos básicos de aprendizaje: Ciencias Naturales. https://aprende.colombiaaprende.edu.co/sites/default/files/naspublic/DBA_C.Naturales.pdf
- Stake, R. E. (1998). *Investigación con estudio de casos*. Ediciones Morata.
- Valdés, C. (2016). *El Fracking: Impactos ambientales y socioeconómicos. Tesis de Doctorado en Medio Ambiente Dimensiones Humanas y Socioeconómicas*. Instituto Universitario de Ciencias Ambientales de la Universidad Complutense de Madrid.
- Waks, L.J. (1990). Educación en ciencia, tecnología y sociedad: orígenes, desarrollos internacionales y desafíos actuales. En M. Medina y J. Sanmartín (Eds.): *Ciencia, Tecnología y Sociedad*, pp. 42-75. Barcelona: Anthropos.
- Webb, E., Bushkin-Bedient, S., Cheng, A., Kassotis, C. D., Balise, V., & Nagel, S. C. (2014). Developmental and reproductive effects of chemicals associated with unconventional oil and natural gas operations. *Reviews on Environmental Health*, 29(4), 307-318. <https://doi.org/10.1515/reveh-2014-0057>
- Zeidle, D. L., Sadler, T. D., Simmons, M. L., & Howes, E. V. (2005). Beyond STS: A research-based framework for socioscientific issues education. *Science Education*, 89(3), 357-377.

ESTRATEGIA DE APRENDIZAJE EN FÍSICA A ESTUDIANTES CON DISCAPACIDAD INTELECTUAL LEVE Y MODERADA.

LEARNING STRATEGY IN PHYSICS FOR STUDENTS WITH MILD AND MODERATE INTELLECTUAL DISABILITIES.

ESTRATÉGIA DE APRENDIZAGEM EM FÍSICA PARA ALUNOS COM DEFICIÊNCIA INTELECTUAL LEVE E MODERADA.

Solvay Mayerly Mora Rondón¹ 

Mora S. (2023). Estrategia de aprendizaje en física a estudiantes con discapacidad intelectual leve y moderada. *Góndola, Enseñanza y Aprendizaje de las Ciencias*, Número especial, v18, pp.1-14

Resumen

La presente investigación desarrolló una propuesta didáctica basada en el aprendizaje significativo desde la mirada humanista de Novak, para enseñar los conceptos del sonido y la luz a través de un proyecto personalizado para un grupo de niños con discapacidad cognitiva leve y moderada, del grado quinto de primaria en el municipio de Chaparral Tolima. El objetivo principal era establecer unos criterios de enseñanza para mejorar y motivar el aprendizaje de la Física, con respecto a los conceptos de sonido y luz en niños con discapacidad cognitiva leve y moderada; y con ello definir las características, herramientas de enseñanza y criterios de evaluación acerca del alcance cognitivo y motivacional que pueden desarrollar este grupo de niños con la intervención de un proyecto personalizado diseñado acorde a sus habilidades y necesidades específicas de aprendizaje. Dejando así un referente teórico práctico, para desarrollar estrategias de enseñanza aprendizaje en el campo de la Física en especial a niños de primaria y en específico a personas con discapacidad cognitiva. Que de acuerdo con los resultados se puede indicar que el diseño de un proyecto personalizado acorde a la caracterización y necesidades específicas de aprendizaje de este grupo de estudiantes permitió mejorar los procesos de enseñanza aprendizaje con un nivel de logro cognitivo básico y un nivel de logro motivacional alto; ya que las actividades y recursos de la estrategia, eran acorde a sus necesidades y capacidades, logrando que los estudiantes trabajaran las actividades sin mayor dificultad de forma individual y con sus pares.

Palabras-Clave: Educación básica; Educación especial; dificultad de aprendizaje; Método de enseñanza.

¹ Magister en Ciencias en Física Educativa, Instituto Politécnico Nacional, México, Solvay.mora@sedtolima.edu.co, <https://orcid.org/0000-0001-6361-6783>

Abstract

This research developed a didactic proposal based on meaningful learning from Novak's humanistic perspective, to teach the concepts of sound and light through a personalized project for a group of children with mild and moderate cognitive disabilities, in the fifth grade of primary school in the municipality of Chaparral Tolima. The main objective was to establish teaching criteria to improve and motivate the learning of Physics, regarding the concepts of sound and light in children with mild and moderate cognitive disabilities; and thereby define the characteristics, teaching tools and evaluation criteria about the cognitive and motivational scope that this group of children can develop with the intervention of a personalized project designed according to their specific learning abilities and needs. Thus leaving a practical theoretical reference, to develop teaching-learning strategies in the field of Physics, especially for primary school children and specifically for people with cognitive disabilities. That according to the results it can be indicated that the design of a personalized project according to the characterization and specific learning needs of this group of students allowed to improve the teaching-learning processes with a level of basic cognitive achievement and a level of motivational achievement. tall; since the activities and resources of the strategy were according to their needs and abilities, making the students work on the activities without much difficulty individually and with their peers.

Keywords: basic education; special education; learning difficulty; Teaching method.

Resumo

Esta pesquisa desenvolveu uma proposta didática baseada na aprendizagem significativa na perspectiva humanística de Novak, para ensinar os conceitos de som e luz por meio de um projeto personalizado para um grupo de crianças com deficiência cognitiva leve e moderada, na quinta série do ensino fundamental no município de Chaparral Tolima. O objetivo principal foi estabelecer critérios de ensino para melhorar e motivar o aprendizado da Física, no que diz respeito aos conceitos de som e luz em crianças com deficiências cognitivas leves e moderadas; e assim definir as características, instrumentos pedagógicos e critérios de avaliação sobre o âmbito cognitivo e motivacional que este grupo de crianças pode desenvolver com a intervenção de um projeto personalizado desenhado de acordo com as suas capacidades e necessidades de aprendizagem específicas. Saindo assim de um referencial teórico prático, para desenvolver estratégias de ensino-aprendizagem na área de Física, especialmente para crianças do ensino fundamental e especificamente para pessoas com deficiência cognitiva. Que de acordo com os resultados pode-se indicar que o desenho de um projeto personalizado de acordo com a caracterização e necessidades de aprendizagem específicas deste grupo de alunos permitiu melhorar os processos de ensino-aprendizagem com um nível de realização cognitiva básica e um nível de realização motivacional. alto; uma vez que as atividades e recursos da estratégia estavam de acordo com suas necessidades e habilidades, fazendo com que os alunos trabalhassem as atividades sem muita dificuldade individualmente e com seus pares.

Palavras-Chave: Educação básica; Educação especial; dificuldade de aprendizagem; Método de ensino.

1. Introducción

A través de los años se ha observado que los espacios educativos están diseñados en su gran mayoría para atender niños con capacidades cognitivas y físicas similares, las cuales se desarrollan de acuerdo a un proyecto curricular, con el fin de que ellos desarrollen diferentes actitudes y aptitudes frente a unos saberes preestablecidos; dejando de lado la atención a aquellos niños con algún tipo de discapacidad; puesto que se creía que ellos deberían ser atendidos en un centro especializado acorde a sus necesidades, vulnerando así su derecho a la educación (Ministerio de Educación Nacional de Colombia, 2017, p.34).

De acuerdo con lo anterior, la escuela del siglo XXI debe de estar preparada para suplir las necesidades de todos los niños, incluyendo a aquellos que tienen algún tipo de discapacidad y más cuando en la actualidad se habla de una educación integra e incluyente. Desafortunadamente son pocos los espacios educativos que están diseñados para atender a esta población de estudiantes, y con ello, la carencia de diseños curriculares adaptados a sus necesidades. (UNESCO & Ministerio de educación y cultura de España, 1994, p. 29)

Entendiendo lo anterior, se debe desarrollar prácticas educativas incluyentes y en el caso de la enseñanza de las ciencias, la Física debe liderar procesos de enseñanza-aprendizaje que ayuden a suplir las necesidades educativas de estos estudiantes. Sin embargo, se debe reconocer que se han realizado algunas investigaciones acerca de la enseñanza de las ciencias a niños con diversos tipos de discapacidad, pero ninguna relacionada a la discapacidad intelectual enfocada a la enseñanza de la Física.

De esta manera, el objetivo de esta investigación fue elaborar y evaluar una estrategia de enseñanza con proyectos personalizados basada en el Aprendizaje Significativo, para mejorar y motivar el aprendizaje de los conceptos del

sonido y la luz a niños con discapacidad intelectual leve y moderada, en el grado quinto de primaria de la escuela Antonia Santos del municipio de Chaparral Tolima en Colombia.

Con el fin de construir la estrategia didáctica a implementar a través del proyecto personalizado se consideraron tres componentes disciplinares:

1. Necesidades Educativas Especiales (NEE) y Discapacidad cognitiva (DI).
2. Aprendizaje Significativo.
3. Movimiento ondulatorio.

Los cuales definieron las características, herramientas de enseñanza y criterios de evaluación acerca del alcance cognitivo y motivacional que pueden desarrollar los niños con discapacidad cognitiva leve y moderada con la intervención de un proyecto personalizado diseñado acorde a las habilidades y necesidades.

El enfoque dado desde el aprendizaje significativo y la mirada humanista de Novak para la estrategia de enseñanza aprendizaje, permitió comprender algunos de los procesos que se deben de tener en cuenta para hablar de una escuela incluyente e integra; y con ello construir y desarrollar planes curriculares para la enseñanza de la Física en cualquier nivel académico sin importar las características, necesidades y capacidades cognitivas o físicas que tienen los estudiantes.

2. Marco de referencia.

Esta investigación tomó como referentes teóricos investigaciones concernientes a la enseñanza de las ciencias, la enseñanza a niños con discapacidad, y sobre políticas de calidad en educación inclusiva desde una mirada internacional y nacional; enfocando desde éstas, tres componentes disciplinares que aportan descripciones considerables con respecto a las características y las ayudas que deben tener los estudiantes con discapacidad intelectual cognitiva leve y moderada, así como las herramientas a trabajar desde el Aprendizaje

Significativo y la enseñanza de la Física en los conceptos de sonido y luz.

2.1. Necesidades Educativas Especiales (NEE) y Discapacidad cognitiva (DI)

El concepto de Necesidades Educativas Especiales (NEE), hace alusión a aquellas personas con capacidades excepcionales, o con alguna discapacidad de orden sensorial, neurológico, cognitivo, comunicativo, psicológico o físico-motriz, y que puede expresarse en diferentes etapas del aprendizaje. (Nacional, Ministerio de Educación, 2019). Y en el caso específico de una persona con discapacidad, se entiende que presenta limitaciones en el proceso de enseñanza aprendizaje, impidiéndole un desarrollo integro, ya que tienen varias desventajas frente a los demás. Quiere decir que este grupo de personas requieren de unas ayudas específicas para el desarrollo individual y social pleno en su proceso de formación.

Como resultado de lo anterior, se han establecido políticas educativas comprometidas a ayudar a este grupo de personas a través de la inclusión en las aulas regulares (UNESCO, Ministerio de educación y cultura de España, 1994), con el fin de brindarles una educación de acuerdo con sus necesidades para potencializar sus capacidades y ayudar a mejorar y enfrentar las limitaciones que tienen las personas con NEE. Teniendo en cuenta lo anterior, y como ejemplo puntual, el estado colombiano dentro de sus políticas educativas reconoce nueve tipos de discapacidad, que se dan en la escuela y que la OMS y la Clasificación Internacional del Funcionamiento (CIF), dentro de ellas la discapacidad intelectual.

Las cuales son todas las limitaciones significativas en el funcionamiento intelectual y en la conducta adaptativa, que se manifiestan en dificultades relacionadas con “la comprensión de procesos académicos y sociales, el desarrollo de actividades cotidianas de cuidado personal, comunitarias, del hogar, entre otras, para lo cual precisan de apoyos especializados” (Ministerio

de Salud y Protección Social, 2014, citado en MEN (2017)). Esta discapacidad aparece antes de los 18 años; por tanto, está ligada al desarrollo. No se adquiere a lo largo de la vida (AAIDD, 2011; Verdugo y Gutiérrez, 2009, citado en MEN (2017)).

Y desde la Asociación Americana de Discapacidad Intelectual y Discapacidades del Desarrollo (AADID), se deben de comprender las necesidades de las personas con DI a través de un modelo teórico multidimensional humano en cinco dimensiones, con el fin de mejorar su funcionamiento individual para su desarrollo personal y social, como se ilustra en la figura 1:

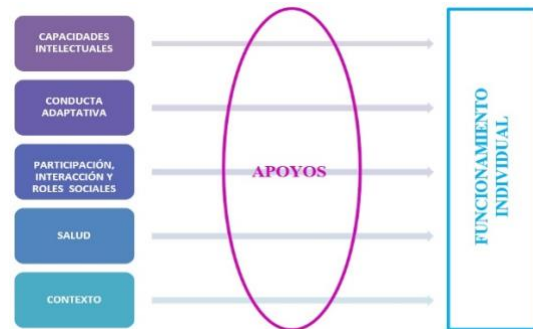


Figura 1 Modelo Teórico Multidimensional. **Fuente:** Adaptado de “Análisis de la definición de discapacidad intelectual de la asociación americana sobre retraso mental de 2002” de Verdugo, M. 2003, Siglo Cero, 34(1), pp. 5-19.

En este modelo no sólo se visualizan aspectos intelectuales, sino de salud e interacción con su entorno, teniendo así una visión más amplia de las necesidades y apoyos que requieren las personas con DI.

Así mismo se revisaron los criterios y causas de la discapacidad intelectual o cognitiva, con el objetivo de poder tener un referente teórico e identificar a aquellos estudiantes con DI, lo anterior desde el Manual de atención al alumnado con necesidades específicas de apoyo educativo derivadas de discapacidad intelectual. 2008, Junta de Andalucía, pp. 21.

2.2 Aprendizaje Significativo (AS)

Comprendiendo el modelo teórico multidimensional y la importancia que tienen los aspectos intelectuales, de salud e interacción con el entorno de los estudiantes con DI, se decidió trabajar con el Aprendizaje Significativo (AS), ya que es el mecanismo humano, por excelencia, que permite adquirir y almacenar una gran cantidad de ideas e información en cualquier campo de conocimiento (Moreira, 1997). Este hace parte del avance de la psicología cognitiva y educativa (Ausubel, Teoría del aprendizaje significativo, 2017), la cual trata de explicar la naturaleza del aprendizaje y su interacción con su entorno

Ausubel, planteó en su teoría que el aprendizaje de un estudiante se da, cuando éste relaciona las estructuras cognitivas previas con la información nueva. Y parte del hecho de que todas las personas tienen unos presaberes dados por la interacción y el desarrollo sociocultural de su entorno (Teoría del desarrollo sociocultural de Lev Vygotsky), que los procesos de enseñanza aprendizaje deben de tener en cuenta esto, con el fin de identificar el nivel de las estructuras cognitivas en los estudiantes, para que puedan anclar los nuevos saberes a sus estructuras cognitivas.

Un concepto subyacente (Moreira, 1997, p.1), mencionando que la teoría del Aprendizaje Significativo de David Ausubel, hace parte de un concepto supra teórico, ya que es compatible con otras teorías constructivistas y subyacentes a ella El “*Aprendizaje significativo* es el proceso a través del cual una nueva información (un nuevo conocimiento) se relaciona de manera *no arbitraria y sustantiva* (no-literal) con la estructura cognitiva de la persona que aprende, (1963, p. 58 citado en Moreira, 1997)”.

Es decir que los recursos que acompañen los procesos de enseñanza aprendizaje no deben de relacionarse de forma arbitraria con la estructura cognitiva de un estudiante, si no que éstos se relacionaran con conceptos relevantes (subsunsor) de la persona, permitiendo el anclaje

de los nuevos conceptos y así lo que se aprenda será significativo. Además, el AS debe tener sustantividad, en el sentido de que los conceptos nuevos cuando se incorporen a la estructura cognitiva deben comprenderse de varias formas, permitiendo que un estudiante pueda expresar un conocimiento con diferentes signos, palabras e ideas equivalentes al concepto inicial. Entonces de la interacción que tenga un estudiante con los recursos del proceso de enseñanza aprendizaje, tendrá como resultado un aprendizaje significativo en cualquier área del conocimiento.

Con los años las ideas propuestas por Ausubel, se han ido arraigando a las prácticas educativas de muchos docentes, además han sido motivo de estudio para varios investigadores enriqueciendo los principios del AS desarrollado por Ausubel, entre estos tenemos a la teoría humanista de Novak, donde engrandece la idea de Ausubel, acerca de que el aprendizaje no son sólo conceptos sino que el “Aprendiz manifiesta una disposición para relacionar el nuevo material de modo sustantivo y no-arbitrario a su estructura de conocimiento” (Moreira, 1997, p.13).

Desde la perspectiva de Ausubel, esa disposición es el deseo por aprender y que sin importar que los materiales tengan un potencial significativo, el estudiante es quien decide si aprende o no. Pero fue Joseph Novak (1977-1981), quien menciona a profundidad esa parte humanista del aprendizaje significativo, argumentado que:

“Una teoría de educación debe considerar que los seres humanos *piensan, sienten y actúan* y debe ayudar a explicar cómo se pueden mejorar las maneras a través de las cuales las personas hacen eso. Cualquier evento educativo es, de acuerdo con Novak, una *acción* para cambiar *significados* (pensar) y *sentimientos* entre aprendiz y profesor.” (Moreira, 1997, p. 13)

Entonces un estudiante debe de estar en la predisposición por aprender, que sus sentimientos estén conectados a su conocimiento, siendo el proceso de enseñanza aprendizaje una experiencia psicoafectiva, para Ausubel la motivación y la actitud eran factores

importantes para que se diera el Aprendizaje Significativo. (Ausubel, Novak, & Hanesian, Psicología educativa: Un punto de vista cognoscitivo, 1983, p. 39). Acorde con lo anterior Novak refuerza este argumento mencionado lo positivo que es la parte afectiva del proceso de enseñanza aprendizaje de un estudiante, ya que en su teoría humanista de educación menciona que: *“El aprendizaje significativo subyace a la construcción del conocimiento humano y lo hace integrando positivamente pensamientos, sentimientos y acciones, lo que conduce al engrandecimiento personal.”* (Moreira, 1997, p. 14).

Es bajo la mirada humanista de Novak, las estrategias de enseñanza aprendizaje basadas en el AS, y el desarrollo de habilidades de pensamiento básicas (Sánchez & Aguilar, 1999). que permitieron la construcción del proyecto personalizado, con el objetivo de evaluar el alcance motivacional y cognitivo de los estudiantes con DI.

2.3 Movimiento Ondulatorio

Como aporte desde la disciplina en la enseñanza de la Física, se enfocó esta investigación en los conceptos de propagación del sonido y sus características (tono, timbre e intensidad) y la propagación de la luz desde el modelo ondulatorio, así como los fenómenos de reflexión y refracción.

3. Metodología de investigación

Con relación al diseño, este fue de triangulación concurrente (Fig.2), debido a que se quería entender cómo se puede mejorar el alcance cognitivo por parte de los estudiantes en el aprendizaje de la Física; y la vez mejorar su motivación por aprender.

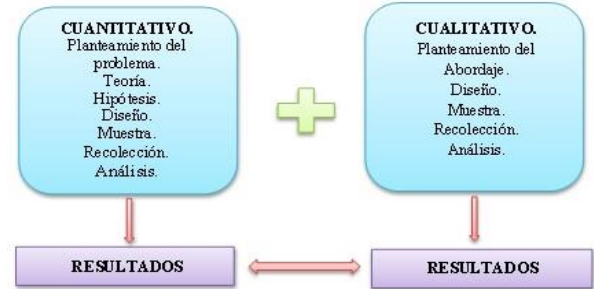


Figura 2. Diseño de triangulación concurrente (DITRIAC). **Fuente:** Adaptado de “metodología de la investigación” de Sampieri et al.2014, McGraw-Hill, p.558

Con la metodología se implementó el tipo de diseño preexperimental de preprueba / posprueba con un solo grupo (enfoque cuantitativo), se trabajó de la siguiente manera:

1. Preprueba: Se desarrolló una prueba, con el fin de determinar el nivel de conocimiento que tenían los estudiantes con respecto a los conceptos del sonido y la luz.
2. Proyecto personalizado: Se realizó la intervención del proyecto personalizado ¡QUE ONDAj, el cual contenía unos estímulos a través de prácticas experimentales y un desarrollo de actividades para reforzar lo aprendido en cada sección.
3. Posprueba: Se aplicó nuevamente la prueba inicial, a la semana siguiente de la intervención del proyecto personalizado.

Y desde el de fenomenología empírica (enfoque cualitativo), se describieron las experiencias de cada uno de los estudiantes a través de la observación durante el proceso de participación, con el fin de comprender como se dan sus procesos de enseñanza con respecto al aprendizaje de la Física, y así poder tener nuevas perspectivas de enseñanza para este grupo de estudiantes con DI.

En general para el desarrollo de esta investigación se plantearon tres fases para implementar el proyecto personalizado. La primera fue el desarrolló y diseño del proyecto personalizado; la segunda la exploración del contexto con el uso de entrevistas registradas en

un diario de campo a docentes y estudiantes y la tercera fase, la implementación aplicándose todo lo propuesto para el diseño del proyecto personalizado con sus fichas de observación, rúbricas y la cartilla ¡QUE ONDA!

3.1 Técnicas e instrumentos de recolección de datos y evaluación.

Las técnicas e instrumentos de recolección y evaluación se eligieron con un carácter formativo

y de evaluación continua, con el fin de poder evaluar lo cuantitativo, como lo cualitativo del proceso de enseñanza aprendizaje. Que, de acuerdo con la Subsecretaría de Educación Básica de la Secretaría de Educación Pública de México, (SEP, 2012), proponen las siguientes técnicas con sus respectivos instrumentos, tabla 1:

Tabla 1. Técnica e instrumentos.

TÉCNICA	INSTRUMENTOS	APRENDIZAJES QUE PUEDEN EVIDENCIARSE		
		CONOCIMIENTOS	HABILIDADES	ACTITUDES Y VALORES
OBSERVACIÓN	Registro anecdótico	X	X	X
DESEMPEÑO DE LOS ALUMNOS	Preguntas sobre el procedimiento	X	X	
ANÁLISIS DE DESEMPEÑO	Rúbrica	X	X	X
INTERROGATORIO	Prueba escrita	X	X	

Fuente: Adaptado de “Las estrategias y los instrumentos de evaluación desde el enfoque formativo”, Secretaría de Educación Pública, 2012, pp. 21.

3.2 Caracterización de la población.

Esta investigación tomó como población de estudio específicamente a los niños con discapacidad cognitiva de tipo leve, y moderada de la escuela Antonia Santos del municipio de Chaparral Tolima-Colombia. Esta escuela se caracteriza por ser la única en esta población del Tolima, en trabajar con niños con diversas condiciones de discapacidad como la física, cognitiva y auditiva. Para fines de esta investigación la muestra de estudiantes estuvo conformada por seis estudiantes varones y una mujer con edades entre los 16 y 17 años.

3.3 Fases de implementación

Con la metodología clara y con la muestra elegida se diseñó e implemento la estrategia de enseñanza aprendizaje en tres fases:

- *Primera Fase: Estructura general del proyecto personalizado.*

Para está, fue necesario conocer claramente las características (fortalezas, debilidades) de los estudiantes a los cuales se les implemento la estrategia a partir de la elaboración de:

1. Fichas de caracterización y observación a partir del modelo multidimensional del funcionamiento humano.

2. Elaboración de rúbricas de aprendizaje; la primera fue acerca de las habilidades de pensamiento y así definir y proponer los estándares de desempeño para evaluar el alcance cognitivo en general del proceso de aprendizaje; la segunda para establecer los estándares de alcance motivacional que se quieren observar en los estudiantes frente a su proceso de aprendizaje; y la tercera fue sobre el plan de clase que integró los conceptos físicos del sonido y la luz, con las estrategias del AS y los estándares de competencia propuestos para las habilidades de pensamiento y la motivación. Con el objetivo de evaluar el alcance cognitivo y motivacional de los niños en términos de un nivel de desempeño: Alto, Básico y Bajo.

3. Integración de las fases anteriores, para la elaboración de la cartilla de trabajo del proyecto personalizado.

En pocas palabras un proyecto personalizado para fines de esta investigación se define como: “El diseño de una estrategia de enseñanza que tiene en cuenta una metodología de aprendizaje, que apoye las necesidades educativas y mejore las habilidades de los niños con discapacidad cognitiva en un tema específico” (Autor)

La cartilla ¡QUE ONDA!, se desarrolló teniendo en cuenta las fases anteriores, con el objetivo de orientar el proceso de enseñanza aprendizaje tanto para el maestro como para los estudiantes con DI, como se presenta en la tabla 2:

Tabla 2. Estructura de la cartilla ¡QUE ONDA!

ESTRUCUTURA	DESCRIPCIÓN
TEMA	Establece el tema a trabajar.
OBJETIVO DE APRENDIZAJE	Describe el objetivo de aprendizaje de Física a alcanzar con el desarrollo de HP.
¿QUÉ TANTO CONOCES?	Permite evidenciar los conceptos previos del estudiante.
¡ANIMATE!	Se propone una práctica experimental que el docente debe desarrollar de acuerdo con el tema a trabajar y motive el proceso de enseñanza aprendizaje.
¡QUE ONDA!	Se describen los conceptos de acuerdo con el tema.
¿A TRABAJAR!	Son las actividades para desarrollar por parte de los estudiantes y en donde queda la evidencia del trabajo para poder evaluar el alcance cognitivo.
¿CUÁNTO APRENDISTE?	Esta es una parte de la rúbrica para la evaluación del alcance cognitivo del estudiante, la cual debe desarrollar el docente y a su vez debe diligenciar y evaluar la rúbrica del alcance motivacional.

Fuente: Autor

- Segunda fase: Exploración del contexto.

En esta fase se realizó el proceso de acercamiento con los estudiantes, teniendo en cuenta las concepciones por parte de sus docentes de apoyo con respecto a sus procesos de enseñanza aprendizaje y sus adaptaciones al proceso académico. Inicialmente se trabajaron entrevistas con preguntas abiertas, donde se registró la información en un diario de campo.

- Tercera fase: Implementación “¡QUE ONDA! Proyecto personalizado”.

Para esta fase, se tuvo en cuenta la metodología de investigación cuantitativa desarrollando una prueba con seis preguntas con el fin de determinar el nivel de conocimiento que tenían los estudiantes con respecto a los conceptos del sonido y la luz. Como se puede observar en la tabla 3:

Tabla 3. Preguntas de la prueba.

COD	PREGUNTA
PRE1	¿Sabes cómo es una onda? Dibújala.
PRE2	¿Sabes cómo se generan las ondas? Dibújala
PRE3	Dibuja como crees que llega el sonido al oído.
PRE4	Imita los sonidos de los siguientes animales y pinta la flecha hacia arriba si el animal hace un sonido agudo, o pinta la flecha hacia abajo si el animal hace un sonido grave.
PRE5	De acuerdo con las fuentes vistas en clase, dibuja y pinta como estas emiten luz.
PRE6	¿Qué otras fuentes lumínicas conoces? Dibújalas.

Fuente: Autor

Esta se aplicó como una preprueba iniciando el proceso y una posprueba finalizando el proceso, evaluándose con una rúbrica de desempeño en tres niveles ((A) alto, (B) básico y (Ba) bajo.

4. Resultados

Para fines de este artículo, se presenta los resultados obtenidos en el orden de la implementación.

4.1 Ficha de caracterización a partir del modelo multifuncional humano.

Esta ficha de caracterización se realizó a manera de encuesta teniendo en cuenta lo investigado acerca de las necesidades educativas especiales, y se desarrolló a partir de las cinco dimensiones del modelo multifuncional humano (Antequera Maldonado, y otros, 2008). Evaluándose en (B) bueno, (R) regular y (M) malo a través de unos criterios pedagógicos enfocados desde los conceptos del modelo multifuncional humano, para que cualquier docente pueda percibir las habilidades y necesidades de los niños DI a partir de la observación durante el desarrollo de las clases, como se muestra a continuación en la tabla 4:

Tabla 4. Ficha de caracterización.

ITEM	DESCRIPTOR
DATOS PERSONALES	Recolecta la información personal de cada estudiante y la tipificación de la discapacidad.
CAPACIDADES INTELECTUALES	Los criterios se desarrollaron desde una mirada pedagógica, en el sentido de tener unas capacidades mínimas para la aviación de conocimientos.

CONDUCTA ADAPTATIVA	Los criterios se realizaron sobre el comportamiento y actividades comunes en una clase.
PARTICIPACIÓN, INTERACCIÓN Y ROLES SOCIALES	Los criterios se basaron en La participación de aquellas actividades que una persona desarrolla en relación armónica y productiva con otros en específico las relaciones en la escuela
SALUD FÍSICA	Los criterios se determinaron a partir de estado de completo bienestar físico, mental y social de una persona (Verdugo, 2003, p. 13). por observación y socialización con el niño en condición de discapacidad en su entorno educativo.
CONTEXTO (AMBIENTE Y CULTURA)	Los criterios se desarrollaron sobre el espacio inmediato como su entorno familiar y escolar.
OBSERVACIONES	Espacio adicional, para realizar observaciones.

Fuente: Autor

La cual permitió caracterizar la población de manera más profunda de acuerdo con sus habilidades y necesidades educativas especiales. Esta ficha de caracterización la contestó la docente de apoyo, y anexos a esté documento la historia médica de cada uno de los estudiantes como se observa en la tabla 5:

Tabla 5. Datos básicos de los estudiantes grado 5 de primaria.

EDAD	TIEMPO DE ESCOLARIDAD	TIPIFICACIÓN DE LA DISCAPACIDAD	GRADO DE LIMITACIÓN
12 años	7 años	Múltiple	Independiente con apoyo
16 años	7 años	Múltiple	Independiente con apoyo
12 años	5 años	Múltiple	Dependencia restringida
14 años	5 años	Cognitiva	Independiente con apoyo
15 años	5 años	Cognitiva	Independiente
12 años	4 años	Múltiple	Independiente con apoyo

Fuente: Autor

Se puede apreciar que es notoria la diferencia de edades entre los estudiantes, y que si se compara con la edad promedio del grupo de veintisiete estudiantes normotípicos del grado quinto de primaria de la escuela es de un promedio de 11,96

años, y cuatro estudiantes del grupo de enfoque sobre pasan esta edad.

Por otra parte, el grado de escolaridad hace referencia al tiempo que llevan asistiendo los niños a la escuela, y con respecto a los estudiantes E1 y E2 ellos han tenido que repetir años académicos no por perdida escolar, sino por factores personales. Para la descripción de la tipificación de la discapacidad y grado de limitación, es importante entender que la DI en algunos casos va acompañada de otros tipos de discapacidad.

Esta ficha fue creada a manera de encuesta, lo cual permitió planear y establecer las dificultades que tenían los estudiantes, así como los objetivos de trabajo con respecto al desarrollo de las actividades y las prácticas experimentales para enseñar los conceptos del sonido y la luz; además, los criterios para el alcance motivacional de los niños y con ellos mejorar su práctica educativa. Puesto que se observó que ellos se encuentran en un aula inclusiva, pero no tienen actividades concretas de inclusión con respecto a cada área del conocimiento que aprenden en este nivel académico.

4.2 Implementación de la PREPRUEBA

Se implementó la Preprueba junto con la rúbrica de alcance motivacional y se evaluaron de acuerdo con los objetivos de aprendizaje. y los criterios propuestos para el alcance motivacional Encontrándose que para el alcance cognitivo de la preprueba que los estudiantes no poseían conocimientos claros acerca del sonido y la luz, y solo reconocieron algunas fuentes que generaba la luz, como se observa en la figura 3.

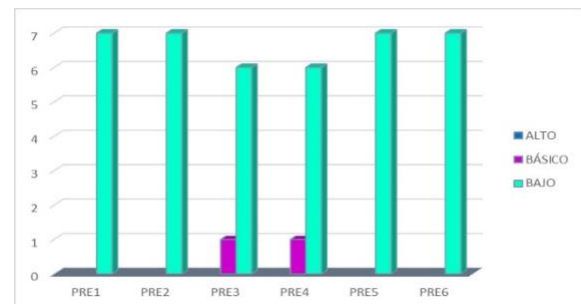


Figura 3. Resultados alcance cognitivo Preprueba Fuente: Autor.

Con respecto al alcance motivacional se evaluó desde cuatro acciones de desempeño, los cuales se aplicaron durante la preprueba, intervención de la cartilla y posprueba como se presenta en la tabla 6:

Tabla 6. Indicadores de acciones para el alcance motivacional.

ACCIONES	DESCRIPCIÓN
M1	Hace referencia al interés que tuvieron los estudiantes del grupo de enfoque por realizar las actividades.
M2	Hace referencia a la participación que tuvieron los estudiantes del grupo de enfoque por realizar las actividades.
M3	Hace referencia a la organización que tuvieron los estudiantes del grupo de enfoque con respecto a entregar las actividades.
M4	Hace referencia a la autonomía que tuvieron los estudiantes del grupo de enfoque por realizar las actividades.

Fuente: Autor

En general con respecto a esta primera sesión, los niños no tenían interés por la actividad cuando se les empezó a hablar de los conceptos propuestos, mostraron preocupación por la prueba escrita por no poder ni siquiera leer o reconocer lo que se encontraba en la prueba.

Se les mencionó que no se preocuparan, que iban a trabajar acorde a sus capacidades, y solo un estudiante mostró conocimientos previos de algunas de las preguntas realizadas como se observa en la figura 4:

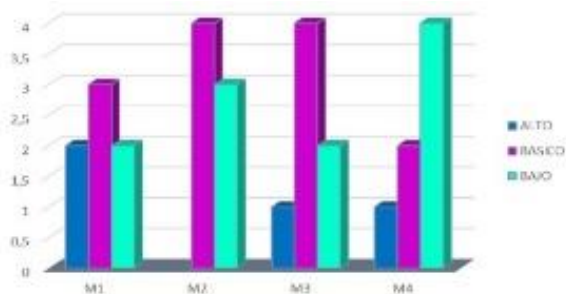


Figura 4. Resultados alcance motivacional Preprueba.

Fuente: Autor.

4.3 Implementación de la cartilla ¡QUE ONDA!

Al igual que en la Preprueba la implementación de la cartilla se realizó con la ayuda de las rúbricas de alcance cognitivo y motivacional. Aplicándose los instrumentos de acuerdo con los temas.

A continuación, se muestra cada tema teniendo en cuenta su objetivo de aprendizaje desde los resultados del alcance cognitivo y motivacional como se observa en la tabla 7:

Tabla 7. Indicadores de acciones para el alcance motivacional.

TEMA	OBJETIVO	ACTIVIDAD
PROPAGACIÓN DE LAS ONDAS	Describir las características de las ondas y su propagación.	Practica experimental con la cubeta de ondas. 1- ¿Cómo se generan las ondas? 2- ¿Cómo se propagan las ondas circulares? Y ¿Cómo se propagan las ondas planas? 3- Asocia las siguientes imágenes y únelas con una línea según corresponda.
FENÓMENOS ONDULATORIOS	Identificar las semejanzas y diferencias de los fenómenos ondulatorios (Reflexión y refracción).	Práctica experimental juego de espejos (Reflexión), el lápiz quebrado y la lupa con una botella. 1- Dibuja lo observado en el experimento de la reflexión y refracción según corresponda en cada figura. 2- Haciendo uso de la botella plástica, pásala por encima de la siguiente imagen.
PROPAGACIÓN DEL SONIDO.	Describir que es el sonido y como se propaga.	Practica experimental el Vasófono y la vibración del sonido. 1- Dibuja como crees que llega el sonido al oído. 2- ¿Cómo crees que se desplaza el sonido por el Vasófono? 3- ¿Qué ocurre dentro de la bomba cuando la acercas al parlante?

CARACTERÍSTICAS DEL SONIDO.	<p>Identificar las características del sonido (tono, timbre e intensidad)</p>	<p>Practica experimental el Botellofono y el Xilófono casero.</p> <p>1- Imita los sonidos de los siguientes animales y pinta la flecha hacia arriba si el animal hace un sonido agudo, o pinta la flecha hacia abajo si el animal hace un sonido es grave.</p> <p>2- Encierra con un círculo las imágenes que representen una situación que genere un sonido fuerte y con una X las imágenes que representen una situación que genere un sonido suave.</p> <p>3- Encierra con un círculo del mismo color los instrumentos que emitan el mismo timbre.</p>
PROPAGACIÓN DE LA LUZ	<p>Identificar cómo se propaga la luz y cuáles son sus características</p>	<p>Práctica experimental el zigzag de luz y la lata perforada.</p> <p>1- De acuerdo con las fuentes vistas en clase, dibuja y pinta como éstas emiten luz.</p> <p>2- ¿Qué otras fuentes lumínicas conoces? Dibújalas.</p> <p>3- De acuerdo con los experimentos realizados en clase, dibuja cómo se propaga la luz en cada uno de ellos.</p>
REFLEXIÓN Y REFRACCIÓN DE LA LUZ.	<p>Determinar cómo se genera la reflexión y la refracción de la luz.</p>	<p>Práctica experimental: Reflexión de la luz y refracción de la luz.</p> <p>1- Elabora un dibujo acerca del experimento visto en clase de cómo se refleja la luz dentro de los recipientes de vidrio.</p> <p>2- Pinta en el siguiente cuadro los colores que viste reflejados cuando la luz del sol llegó al espejo sumergido en el agua.</p> <p>3- Completa la imagen de acuerdo con lo visto con tus compañeros en la práctica experimental del arcoíris.</p>

Fuente: Autor

5. Conclusiones.

Para el diseño y desarrollo de un proyecto personalizado, es importante considerar la caracterización, planeación, recursos y tiempos de ejecución, ya que esto permite que los temas se desarrollen de forma organizada y sean significativos para la construcción del conocimiento en los estudiantes; ya que se puede afirmar que la

estrategia y los recursos utilizados en esta investigación, les permitió a este grupo de estudiantes desarrollar procesos cognitivos más complejos y que su motivación mejoró debido a que las actividades propuestas en la estrategia, estaban diseñadas acorde a las capacidades y necesidades que tenían.

Es importante mencionar que una estrategia de enseñanza basada en el AS, con proyectos personalizados no desarrolla un alcance cognitivo igual en todos los niños con DI; al igual que un niño normotípico, ellos también tienen estilos y ritmos de aprendizaje diferentes. Pero, si se puede decir que una estrategia como ésta, genera procesos de aprendizaje más dinámicos y atractivos; y que el uso de rúbricas permitió planear mejor los temas propuestos, así como el desarrollo de criterios de evaluación. Inicialmente cuesta trabajo desarrollar actividades para un niño con DI, pero en la medida en que un docente se involucre en este proceso, adquirirá habilidades para el diseño de las actividades que pueden desarrollar los niños.

Con respecto al proceso de enseñanza aprendizaje de este grupo de enfoque, se observó que no todos los estudiantes alcanzaron un nivel de logro alto, pero con respecto a los concomitamientos que tenían varios de ellos antes de implementar la estrategia, se puede decir que se mejoró y en promedio fue básico el nivel de logro alcanzado como se observa en la figura 5:

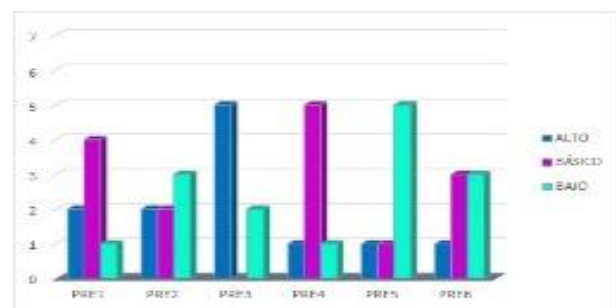


Figura 5. Resultados alcance cognitivo Posprueba.
Fuente: Autor.

Cabe mencionar que la formación en saberes que ellos tienen en la escuela va dirigida a mejorar sus procesos de lecto escritura y que el tema trabajado

en el proyecto personalizado no lo habían visto a profundidad. Entonces se puede decir que, los resultados obtenidos son positivos. Que, a pesar de que no todos los estudiantes tuvieron al final un nivel de logro alto, se observó en el análisis de cada uno de los temas, que el alcance cognitivo fue más elevado.

Que los resultados obtenidos en la Posprueba, se consideró que se debe en parte a las diferentes dificultades que tenía cada estudiante, y en especial a que no cuentan con una buena memoria, lo que quiere decir que la estrategia de enseñanza influyó significativamente, mejorando los niveles de logro en cada uno de ellos de acuerdo con sus dificultades y habilidades. En cuanto al nivel de logro obtenido para el alcance motivacional, se encontró que los estudiantes obtuvieron un desempeño en promedio alto, comparando la primera sesión con respecto a la última como se observa en la figura 6:

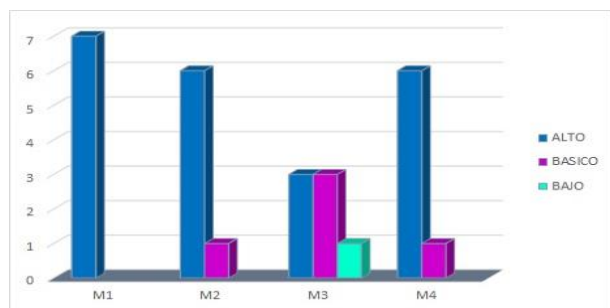


Figura 6. Resultados alcance motivacional Posprueba. **Fuente:** Autor.

Se consideró que este alcance fue debido a la influencia que tuvieron las actividades y recursos de la estrategia, ya que eran acorde a sus necesidades y habilidades, permitiendo que ellos trabajaran más motivados en las sesiones implementadas y a pesar de que en la última sesión solo se aplicó la prueba, ellos identificaron que ésta estaba diseñada acorde a lo que habían aprendido, mostrando confianza en lo que tenían que hacer.

Finalmente, se logró evidenciar en los estudiantes un nivel de logro cognitivo en la comprensión de los conceptos del sonido y la luz, aplicando habilidades básicas de pensamiento, como la observación y la comparación, permitiéndoles construir y mejorar sus procesos de aprendizaje, solos y con sus pares. Y

de acuerdo con lo expuesto en el marco teórico sobre el AS desde la mirada humanista, se pudo observar que este grupo de estudiantes piensan, sienten y actúan y conforme a ello pueden mejorar sus procesos de enseñanza aprendizaje a través de la motivación que se les pueda generar en clase.

Dicho lo anterior la enseñanza de la Física, debe liderar procesos de enseñanza aprendizaje donde sea posible contextualizar los conceptos de ésta, a un nivel básico sin importar el nivel cognitivo que tenga una persona; ya que la riqueza que tiene esta ciencia en saberes y relaciones con otras áreas del conocimiento nos permite desarrollar diversas estrategias y así elevar el conocimiento de los procesos de enseñanza aprendizaje de la Física como ciencia.

6. Referencias

Asociación Americana de Psiquiatría. (2013). *Guía de consulta de los criterios diagnósticos del DSM - 5*. Arlington VA: Asociación Americana de Psiquiatría.

Ausubel, D. (16 de noviembre de 2017). *Teoría del aprendizaje significativo*. Obtenido de Teoría del aprendizaje significativo: <http://ww2.educarchile.cl/UserFiles/P0001/File/Teor%C3%ADa%20del%20aprendizaje%20significativo%20de%20David%20Ausubel.pdf>

Ausubel, D., Novak, J., & Hanesian, H. (1983). *Psicología educativa: Un punto de vista cognoscitivo*. México: Trillas.

Junta de Andalucía. (2008). *Manual de atención al alumnado con necesidades específicas de apoyo educativo*. Andalucía, España: Junta de Andalucía.

Ministerio de Educación Nacional de Colombia. (2017). *Documento de orientaciones técnicas, administrativas y pedagógicas para la atención educativa a estudiantes con discapacidad en el marco de la educación inclusiva*. Bogotá D.C.

Moreira, M. A. (1997). Aprendizaje significativo: Un encuentro Subyacente. *Actas del Encuentro Internacional sobre el Aprendizaje Significativo*, (págs. 19-44). Burgos.

Organización de las Naciones Unidas. (2008). *La educación inclusiva: El camino hacia el futuro*. Ginebra: Organización de las Naciones Unidas.

Organización Mundial de la Salud, Banco mundial. (2011). *Informe mundial sobre la discapacidad*. Malta: Organización Mundial de la Salud.

Sampieri Hernández, R., Fernández Collado, C., & Baptista Lucio, P. (2014). *Metodología de la investigación*. México. D.F.: McGraw-Hill.

Secretaría de Educación Pública. (2012). *Las estrategias y los instrumentos de evaluación desde el enfoque formativo*. México: Secretaría de Educación Pública.

Psiquiatría. (2013). *Guía de consulta de los criterios diagnósticos del DSM - 5*. Arlington VA: Asociación Americana de Psiquiatría.

UNESCO, Ministerio de educación y cultura de España. (1994). Declaración de Salamanca y marco de acción para las necesidades educativas especiales. *Declaración de Salamanca y marco de acción para las necesidades educativas especiales*. (págs. 11,12). Salamanca, España: UNESCO, Ministerio de educación y cultura de España.

Sánchez Dorantes, L., & Aguilar Castillo, G. (febrero de 1999). Experiencia educativa: Taller de habilidades de pensamiento crítico y creativo. México: Universidad de Veracruz. Recuperado el 21 de junio de 2018, de <https://www.uv.mx/personal/gcatana/files/2013/06/antologia-del-curso-de-hp.pdf>

Secretaría de Educación Pública. (2012). *Las estrategias y los instrumentos de evaluación desde el enfoque formativo*. México: Secretaría de Educación Pública.

Verdugo Alonso, M. A. (2003). Análisis de la definición de discapacidad intelectual de la Asociación Americana sobre Retraso Mental. *Siglo Cero*, 5-19.

Verdugo Alonso, M. Á., & Schalock, R. (2010). Últimos avances en el enfoque y concepción de las personas con discapacidad intelectual. *Siglo Cero*, 41(236), 7-21. Obtenido de Servicio de información sobre discapacidad: <http://sid.usal.es/idocs/F8/ART18861/236-1%20Verdugo.pdf>

Verdugo, M. Á. (s.f.). *análisis de la definición de discapacidad intelectual de la asociación americana sobre retraso mental de 2002*. Recuperado el 10 de mayo de 2017, de análisis de la definición de discapacidad intelectual de la asociación americana sobre retraso mental de 2002: http://www.achm.cl/file_admin/archivos_munitel/discapacidad/discapacidad11.pdf

ANÁLISIS DEL DISCURSO DE DOCENTES EN EJERCICIO RESPECTO A LA ASTRONOMÍA Y SU ENSEÑANZA

ANÁLISE DO DISCURSO DOS PROFESSORES EM EXERCÍCIO SOBRE A ASTRONOMIA E SEU ENSINO

DISCOURSE ANALYSIS OF TEACHERS IN SERVICE REGARDING ASTRONOMY AND ITS TEACHING

Jose Efrain Guataquira Ramirez *, Olga Lucia Castiblanco Abril**

Guataquira, E.; Castiblanco, O. (2023). Análisis del discurso de docentes en ejercicio respecto a la Astronomía y su enseñanza. *Góndola, Enseñanza y Aprendizaje de las Ciencias*, Número especial, v18, pp.1-13

Resumen

La astronomía es poco abordada en la formación profesional en Colombia y no está incluida como asignatura en currículos de la educación básica primaria y secundaria de forma explícita, algunos de sus contenidos se han establecido en los Estándares Básicos de Competencias en Ciencias Naturales del Ministerio de Educación Nacional, pero en general, que se carece de conocimientos al momento de llevarlos al aula. Decidimos efectuar un ejercicio de formación para docentes en ejercicio, basado en la observación del cielo, teniendo como precedente trabajos desarrollados en Brasil e Italia mediante el proyecto “El diario del Cielo”. Buscamos generar transformaciones en los procesos de enseñanza y aprendizaje de las prácticas educativas a través del conocimiento del cielo, por lo que desarrollamos un análisis de discurso como metodología de la investigación y técnica de análisis de la información, considerando que constituye una nueva forma de comprender la realidad social. Se realizaron 26 sesiones con una población promedio de 40 docentes de diversas áreas de conocimiento, que enseñan a estudiantes de preescolar, primaria y bachillerato en Instituciones Educativas de Bogotá. En cada sesión los participantes expresaron sus dudas y conocimientos de los temas trabajados, relacionados con tiempos, distancias, eventos y observaciones directas del cielo. Fue necesario ampliar e incluir nuevos contenidos en el instrumento debido a inquietudes y discursos que surgieron en los ejercicios. Aunque los

* Licenciado en Física. Universidad Distrital Francisco Jose de Caldas. Colombia. jeguataquirar@correo.udistrital.edu.co - ORCID <https://orcid.org/0000-0002-2916-8865>

** PhD. en Educación para la Ciencia. Universidad Distrital Francisco Jose de Caldas. Colombia. olcastiblancoa@udistrital.edu.co - ORCID <https://orcid.org/0000-0002-8069-0704>

participantes manifiestan tener nuevos aprendizajes en didáctica de la astronomía, se dificulta el proceso de articulación en prácticas de aula de ciencias sociales y áreas básicas de preescolar y primaria como lenguaje y matemáticas, también se puede notar una tendencia a abordar temas complejos más allá de lo que tenemos en el entorno o de la observación del cielo a simple vista.

Palabras clave: Enseñanza y aprendizaje. Didáctica de la astronomía. Educación continuada. Diario del cielo.

Abstract

Astronomy is rarely addressed in professional training in Colombia. It is not explicitly included as a subject in the curricula of basic and secondary education. Some of its contents were established in the Basic Standards of Competencies in Natural Sciences by the National Ministry of Education, but in general, that knowledge is lacking at the time of taking them to the classroom. We decided to carry out a training exercise for teachers based on the observation of the sky, having as a precedent works developed in Brazil and Italy through the project "The sky diary". We seek to generate transformations in teaching and learning processes of educational practices through knowledge of the sky, for which, we developed a discourse analysis as a research methodology, considering it constitutes a new way of understanding social reality. 26 sessions were held with an average population of 40 teachers from various areas of knowledge, who teach preschool, primary and high school students in Educational Institutions in Bogotá. In each session, the participants expressed their doubts and knowledge of the topics worked on, related to times, distances, events and direct observations of the sky. It was necessary to expand and include new content in the instrument due to concerns and speeches that arose in the exercises. Although, the participants state they have new learnings in astronomy didactics, the process of articulation in social science classroom practices and areas such as language and mathematics is difficult, and a tendency to address complex issues beyond of what we have in the environment or of the sky observation with the naked eye.

Keywords: Teaching and learning. Didactics of astronomy. Permanent education. Sky diary.

Resumo

A astronomia raramente é abordada na formação profissional na Colômbia e não é explicitamente incluída como disciplina nos currículos do ensino fundamental e médio. Alguns de seus conteúdos foram estabelecidos nos Padrões Básicos de Competências em Ciências Naturais do Ministério de Educação Nacional, mas, em geral, falta esse conhecimento na hora de levá-los para a sala de aula. Decidimos realizar um exercício de formação para professores em exercício, baseado na observação do céu, tendo como precedente os trabalhos desenvolvidos no Brasil e na Itália através do

projeto "O Diário do Céu". Buscamos gerar transformações nos processos de ensino e aprendizagem das práticas educativas por meio do conhecimento do céu, para o qual desenvolvemos a análise do discurso como metodologia de pesquisa e técnica de análise da informação, considerando que se constitui em uma nova forma de compreender a realidade social. Foram realizadas 26 sessões com uma população média de 40 professores de diversas áreas do conhecimento, que lecionam alunos de pré-escola, ensino fundamental e médio em Instituições Educacionais de Bogotá. Em cada sessão, os participantes expressaram suas dúvidas e conhecimentos sobre os temas trabalhados, relacionados a tempos, distâncias, eventos e observações diretas do céu. Foi necessário ampliar e incluir novos conteúdos no instrumento devido às inquietações e discursos que surgiram nos exercícios. Embora os participantes afirmem que possuem novos aprendizados na didática da astronomia, o processo de articulação nas práticas de sala de aula de ciências sociais e pré-escola básica e áreas primárias como linguagem e matemática é difícil, e uma tendência a abordar questões complexas além do que temos no ambiente ou da observação do céu a olho nu.

Palavras-chave: Ensino e aprendizagem. Didática da astronomia. Educação continuada. Diário do Céu.

1. Introducción

Consideramos necesaria la construcción de una estrategia de formación continuada para docentes, dedicada a la enseñanza y el aprendizaje de la astronomía desde una mirada más contextual, congregando diferentes experiencias y conocimientos propios de los profesores y trabajando desde una postura observacional y del entorno, que transforme los discursos y las prácticas de aula.

2. Marco de Referencia

2.1. La astronomía en la formación escolar.

El Ministerio de Educación Nacional, a través de los Estándares Básicos de Competencias (EBC) en Ciencias Naturales y Ciencias Sociales, propone algunos temas que deben abordarse en las diferentes disciplinas escolares. En el componente de ciencias naturales definieron tres entornos: Vivo, Físico y Ciencia, tecnología y sociedad (MEN, 2006), allí se describen contenidos explícitos de la astronomía (tabla 1) que los estudiantes deben conocer y aprender para cada ciclo escolar. En las otras líneas de los EBC – Lenguaje, Matemáticas, Ciencias Sociales y Ciudadanas – es posible encontrar otros contenidos que no son explícitos de la astronomía pero que pueden abordarse desde dos perspectivas: históricamente porque son sucesos que se relacionan con la construcción de la ciencia, o desde el fortalecimiento de habilidades incluyendo contenidos de la astronomía en las diferentes disciplinas. Respecto de la importancia de la formación de la ciudadanía para la comprensión de los astros, nos basamos en reflexiones como las de Camino et al (2016)

Tabla 1. Contenidos de astronomía para la educación en Colombia según el MEN.

Entorno Vivo – Físico - CTS
Primero a tercero

Registro el movimiento del Sol, la Luna y las estrellas en el cielo, en un periodo de tiempo. Reconozco diversas formas de representación de la Tierra.
Cuarto a Quinto
Describo los principales elementos del sistema solar y establezco relaciones de tamaño, movimiento y posición. Me ubico en el entorno físico utilizando referentes espaciales (izquierda, derecha, puntos cardinales). Comparo el peso y la masa de un objeto en diferentes puntos del sistema solar. Describo las características físicas de la Tierra y su atmósfera. Relaciono el movimiento de traslación con los cambios climáticos. Establezco relaciones entre mareas, corrientes marinas, movimiento de placas tectónicas, formas del paisaje y relieve, y las fuerzas que los generan.
Sexto a Séptimo
Explico el modelo planetario desde las fuerzas gravitacionales. Establezco relaciones entre la ubicación geoespacial y las características climáticas del entorno de diferentes culturas. Describo el proceso de formación y extinción de estrellas. Relaciono masa, peso y densidad con la aceleración de la gravedad en distintos puntos del sistema solar. Indago sobre los adelantos científicos y tecnológicos que han hecho posible la exploración del universo.
Decimo y undécimo
Relaciono masa, distancia y fuerza de atracción gravitacional entre objetos. Establezco relaciones entre el modelo del campo gravitacional y la ley de gravitación universal. Establezco relaciones entre campo gravitacional y electrostático y entre campo eléctrico y magnético.

Fuente: adaptado de Estándares Básicos de Competencias en Lenguaje, Matemáticas, Ciencias y Ciudadanas (MEN, 2006)).

Es común encontrar que los procesos de educativos de la primaria, al menos en Bogotá, son desarrollados por personas Normalistas superiores, Licenciados en educación infantil o Licenciados en educación básica primaria donde nos atrevemos a asegurar, sin tener hasta la fecha una fuente al respecto, que carecen de una formación sobre astronomía. Esta condición implica que, si nos centráramos únicamente en los EBC descritos en la tabla 1, los docentes en ejercicios tendrán dificultades en el aula cuando

quieran abordar dichos temas, e incluso consideren prescindir desarrollarlos por el desconocimiento que tienen.

2.2. La formación docente en Colombia.

De cerca a los sucesos históricos y legales que describe Jiménez (2021) encontramos una relación distante entre la información presentada y la formación del docente en ciencias, es decir, en el marco amplio de la historia de la formación docente en nuestro país no se encuentra una aproximación a la formación en ciencias o una distinción por áreas. Si bien es en general la formación de docentes no se puede generalizar la enseñanza para cada campo, esto podría estar generando las brechas existentes entre los licenciados de básica primaria y su conocimiento en el campo de la ciencias. Ahora, si lo pensamos como el grupo amplio de licenciados, podemos observar la brecha en el campo específico de la astronomía y su enseñanza, particularmente, en una investigación previa a esta, Guataquirá, Castiblanco (2020), encontramos que los imaginarios que los niños y jóvenes tienen sobre el sistema solar son muy diversos y alejados de los discursos de sus profesores, e inclusive muchas veces son erróneos como consecuencia de la forma en que sus profesores les enseñaron, sin embargo, en este mismo trabajo constatamos que hay un interés natural por los niños y jóvenes hacia la Astronomía, al igual que muchos docentes que desean orientar esta formación, aún sin haber sido formados para ello.

3. Metodología de investigación

3.1. El discurso y su análisis

Esta metodología nace como una representación alterna para interpretar la realidad social (Santander, 2011). En principio se considera que la comprensión del entorno que una persona tiene puede ser estudiada desde las ideas y la introspección racional del mismo, no obstante,

estos componentes necesitan de una observación directa, donde no se da completamente la relación entre sujeto, sus ideas y la realidad.

Por ende, el discurso in situ es un elemento que prepondera en la constitución de la realidad de la persona, esta es una versión más “tangible” del mundo. La realidad no estaría dada por lo que se encuentra en la mente sino por los significados que se dan y transitan en la sociedad y es en este punto donde el análisis del discurso enfocado en las prácticas de aula con docentes nos permitirá comprender como se dan los procesos de enseñanza y aprendizaje de la astronomía.

3.2. Técnica y población

Tomamos como punto de partida El Diario del Cielo, un libro con múltiples versiones diseñado por la Doctora Nicoletta Lanciano en conjunto con el Movimiento de Cooperación Educativa de la Universidad la Sapienza de Roma, Italia (Lanciano, 2014) que a su vez se ha empleado en diferentes investigaciones lideradas por el Doctor Roberto Nardi de la Universidad Estatal Paulista “Júlio de Mesquita Filho” (UNESP), Bauru, Brasil. (Dias Fernandez, 2018) este fue adaptado para el idioma y las condiciones astronómicas de Colombia. El libro comprende un conjunto de actividades de observación directa del cielo, con la intención que el observador día tras día pueda percatarse de los cambios de posición y tiempo de algunos cuerpos celestes, como la luna, el sol, los planetas y las estrellas, Incluye algunos instrumentos o descripciones para construir artefactos que permitan cuantificar o establecer puntos de referencia para las observaciones de los objetos visibles en el cielo y de particular interés para el observador. De esta forma se espera que el aprendiz que usa el libro pueda en principio tener una noción de lo que sucede en el cielo que posteriormente en el dialogo de clase ayude a comprender el motivo por el cual ocurre lo que se ha observado.

Para nuestra investigación se ofertó un curso de fortalecimiento conceptual en astronomía para docentes en ejercicio, en el cual participaron personas de diferentes áreas de la formación profesional como ciencias naturales, ciencias humanas, educación infantil, tecnología, entre otras.

4. Resultados

Se llevaron a cabo quince encuentros presenciales de aproximadamente cuatro horas cada uno, con un promedio de 30 docentes. La población no fue constante debido a diversos compromisos que surgieron en cada docente, sin embargo, la variación tampoco fue significativa. En total se implementaron nueve actividades principales del diario, que se encuentran en páginas separadas o independientes de los días de la semana. A continuación, se describen las actividades realizadas y algunos fragmentos obtenidos de las conversaciones surgidas y consignadas hasta el momento. Los fragmentos se han escrito en letra cursiva, algunos precedidos por un mensaje entre paréntesis cuadrados ([]) que indican el tema o contexto de la conversación y entre los párrafos algunos triángulos (▲) que separan las intervenciones de diferentes docente en una misma conversación.

4.1. El horizonte local

El horizonte local es una actividad que puede desarrollarse grupal o individualmente, busca que las personas reconozcan aspectos de su entorno que permitan relacionar objetos fijos en tierra (montañas, árboles, edificios, etc.) con objetos del cielo, de esta forma tener un punto de referencia para llevar a cabo el registro de observaciones.

Figura 1. Horizonte local tomado con un celular y el modo de fotografía panorámica



Fuente: los autores.

Para esta actividad se construyeron dos versiones del horizonte local, una con dibujos a mano alzada usando papel blanco y lápiz y otra usando dispositivos electrónicos, a través del modo panorámico de la cámara fotográfica del celular (figura 1) y realizando ejercicios de edición con programas en computadora. Esta parte digital es un agregado a la actividad propuesta en el diario y posibilitó la unión de horizonte local real con la simulación virtual del cielo, si bien se sale de la línea de la enseñanza de la astronomía con elementos básicos – como el lápiz y papel – permitió comunicar algunas ideas al respecto de la finalidad del trabajo con el horizonte en posteriores actividades.

Al respecto algunos docentes realizaron horizontes locales desde la vista de las instituciones educativas donde están vinculados, ninguno mostró interés en trabajar el horizonte dibujado durante este proceso, sin embargo, manifestaron ser una actividad que puede hacerse con los estudiantes involucrando el trabajo en equipo.

Yo intente tomar fotos con el celular, pero no sé cómo unir las fotos de los otros profes ¿se han tomado como fotos panorámicas? ▲ si, los del colegio quedaron encantados con el horizonte del colegio

4.2. La rosa de los vientos

Este ejercicio se emplea una hoja blanca, compas, regla, lápiz y un medidor angular para obtener, luego de unas instrucciones, una estrella de ocho puntas. A este ejercicio se agregó la construcción de otra estrella empleando una hoja cuadrada, haciendo algunos dobleces y cortando unas partes específicas de la figura obtenida al doblar la hoja (Figura 2), esto porque algunos docentes manifestaron que realizar el trabajo con los anteriores materiales sería difícil para niños en las primeras etapas escolares, por lo que se buscó otra

forma que implicara motricidad más gruesa, para realizar el ejercicio.

Figura 2. Diseños en papel de flechas ortogonales sobre un plano para representa los puntos cardinales



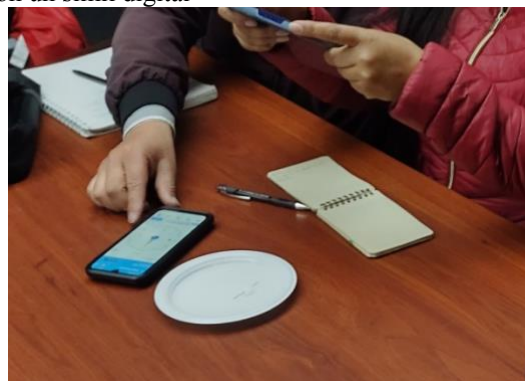
Fuente: los autores.

Pensando en la utilidad de este instrumento y considerando que en la ciudad es inusual encontrar rosas de los vientos, como se describe el Diario del Cielo, además a partir de las preguntas que surgieron en los docentes respecto a cómo agregar actividades asociadas a la necesidad y las formas de localizar el norte geográfico, se realizó la construcción de una brújula usando agua, una aguja magnetizada y un elemento que la hiciera flotar y se incluyó el concepto de declinación magnética que es necesario para localizar el norte geográfico, posteriormente se observaron otras formas de encontrar el norte (figura 3).

[respecto a la forma de ubicar los punto cardinales] *Recuerdo cuando pequeñito, mi abuela me decía y parafraseo: "papito, para ubicarse en esta ciudad, ubique los cerros que dan a su casa, esos cerros, son el oriente y por ahí sale el Sol, pero no siempre va a salir por la misma montaña, al otro lado de la ciudad, donde a veces se ven los nevados y donde se acuesta el Sol, ese es el occidente, entonces, si se para en cruz con su mano derecha apuntando a los cerros y la izquierda a los nevados, su frente es el norte y su espalda el sur, entonces papito, no se vaya a perder en Bogotá cogiendo bus, ya sabe*

ubicarse". Y siendo honesto, así aprendí los puntos cardinales y me logro ubicar en Bogotá y no necesito Waze para llegar a algún lugar.

Figura 3. Construcción de una brújula y observación con un simul digital



Fuente: los autores.

[respecto al campo magnético] *En esa época [~1850] una tormenta electromagnética, producto de los ciclos del sol, de forma natural se da una tormenta electromagnética y en la ciudad de Quebec se produjo un apagón y hubo un desastre*

[experimentar con brújulas en diferentes zonas del colegio] *No se encuentran los mismos resultados porque cada persona tiene ciertas inquietudes del ejercicio entonces si yo lo hago con un 501 y un 505 voy a encontrar diferentes formas de pensar y visiones del ejercicio.*

[respecto a los materiales usados] *si utilizamos madera ¿se puede hacer una brújula? ▲ no porque la madera no es magnética ▲ pues el agua tiene un enlace covalente que se tiene a formar los polos o sea se forma una carga espacial con el OH negativo y otro en otro hidrogeno positivo entonces se puede crea en el agua esa magnetización parcial, pero en sustancia como la madera como es una transformación organiza es una sustancia más estable ▲ ¿si utilizamos otra sustancia en lugar de agua, también funciona?*

[respecto a observaciones] *yo veo que en la aguja mía la punta está en esa dirección, pero la de la otra mesa la punta está en la dirección opuesta, entonces ¿cuál es el norte real? ▲ Si usamos una brújula en Marte ¿funciona igual que en la Tierra? Yo estoy confundido, antes creía que sabía todo sobre el magnetismo, ahora no comprendo bien eso y me preocupa porque yo no quería salir con más dudas de aquí ▲ ¿se puede calcular el ecuador de la brújula con una brújula, para saber si esta al norte o al sur?*

4.3. La medida de distancias angulares y El sextante

Aunque son dos actividades planteadas por separado, se realizaron en conjunto para comparar la información que se obtiene bajo los dos métodos que se plantean. El primer método plantea una forma sencilla para realizar medida de distancias angulares, estirando los brazos y tomando como referencias el ancho de la mano o los dedos y su separación (figura 4).

Figura 4. Formas de medición angular aproximada usando las manos.



Fuente: El Diario del Cielo.

Con el sextante se toma de referencia el horizonte ideal de altura cero, que es medido a través de una plomada sobre un cuarto de círculo que está graduado. A medida que se inclina el instrumento la plomada se mantiene vertical respecto al suelo (por gravedad) y va indicando el valor del ángulo medido sobre la sección circular. De esta forma si se mide la altura de un objeto con la mano, se

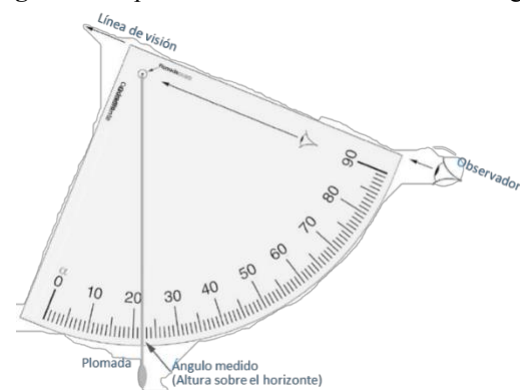
puede verificar que tan exacto o aproximado es el dato medido de las dos formas.

[respecto a la forma en que podemos medir ángulo] *para la altura del Sol es posible con las sombras de los objetos saber a qué altura esta, saber cuál es el ángulo*

4.4. Como se mueve el Sol respecto al horizonte local

Utilizando el horizonte local, realizado en las primeras sesiones, para esta actividad se propuso marcar los puntos por donde se observa que el Sol “sale” o se “oculta” en varios días durante en un periodo de tiempo largo, además escribir la hora en la que esto ocurre. Este ejercicio busca en principio la posibilidad que el observador viva la experiencia de observar y reconocer el movimiento aparente del Sol respecto al horizonte a lo largo de semanas, meses o un año, en los momentos de amanecer u ocaso. Posteriormente buscar el motivo por el cual ocurre esto y que efectos puede traer en la Tierra y en el conocimiento humano.

Figura 5. Representación del uso del medidor angular.



Fuente: El Diario del Cielo.

Los resultados de esta actividad se vieron afectados por varios motivos, uno fue el obstáculo de la observación y registro de los docentes quienes manifestaron no tener espacios adecuados para observar el fenómeno, no tener el tiempo

para observar, no tener el horizonte local finalizado o que las condiciones meteorológicas no se presentaran para hacer un registro del fenómeno, por lo tanto, no tenían información para compartir.

Figura 6. Modelo que representa el movimiento del Sol para diferentes latitudes y épocas del año.



Fuente: Los autores.

Por otra parte, la intervención de algunas personas que reconociendo el fenómeno (no precisamente habiéndolo vivido), indicaron lo que pasaría, además se hizo la presentación de un instrumento de papel que mostraba lo que se observaría con el Sol no solo para la latitud de Bogotá sino para latitudes en general a lo largo del mundo (figura 6). Probablemente este instrumento genera desinterés para realizar el ejercicio de observación diaria porque se sabría previamente los resultados esperados. Si bien el modelo de papel es bueno para ejemplificar los eventos celestes, este se convierte en un material que omite la experiencia vivencial y convierte la enseñanza en el método de seguir patrones o modelos desconsiderando el contexto de los estudiantes.

Para poder ilustrar este fenómeno, se simuló el cielo en computadora y se empleó el horizonte local real – orientado según los puntos cardinales en el software – ubicando al observador al sur de Bogotá para que los docentes observaran los resultados que se podrían obtener de la posición del Sol sobre los cerros orientales al amanecer

durante un año, a partir de esto se discutieron temas relacionados a lo que podría pasar en la Tierra y los conocimientos surgidos a partir de estas observaciones, como la comprensión de las estaciones, el surgimiento de la idea de año y de los trópicos y círculos polares.

Figura 7. Simulación de la posición del Sol en tres épocas diferentes del año



Fuente: Los autores.

[respecto a lo que se piensa de lo que se ve allí] *no pues yo sé que eso se debe por el grande de inclinación de la órbita terrestre alrededor de la del punto ecuatorial de sol por eso los globos terráqueos tienen un grado de inclinación de 23° y no están así [indicando una línea vertical con las manos] sino un poquito inclinado, entonces como veíamos la fecha en diciembre está a este lado el sol lo que genera que la parte de abajo, la parte sur del planeta, este mas iluminado entonces ese corrimiento del sol a esos extremos es lo que nos da cuenta de esos 23° de inclinación de la órbita terrestre.*

¿Qué pasaría si la tierra no tuviera esa inclinación, si estuviera derecha? ▲ no habría estaciones y las olas ... ▲ exactamente todo sería tropical, todo sería el mismo clima en el norte o en el sur, el éxito de esto es que la tierra esta inclinada en el espacio.

[respecto a la salida del Sol en el horizonte] *Es decir que ¿en el hemisferio sur el Sol no saldría por el oriente como acá sino, en el sur hacia el sur y en el hemisferio norte saldría hacia el norte? ▲ no es que salga y se oculte por el norte o sur, en el equinoccio nace por el oriente y se oculta por el occidente, para el solsticio es por el nororiente o suroriente y por el noroccidente y el suroccidente, no por el norte y el sur.*

[más dudas respecto al movimiento aparente del sol] *Tengo dudas respecto a unos movimientos que llaman precesión y nutación y no sé si se trata sobre eso ▲ ¿o sea que el Sol si vuelve a estar en el mismo sitio durante cada año, por ejemplo, en enero? ▲ debido a la precesión el Sol alcanza la misma posición cercana al sur o el norte con una variación muy pequeña ▲ eso quiere decir que ¿si no estuviéramos en el ecuador sería imposible ver este fenómeno, o no este fenómeno sino no veríamos ese movimiento del Sol? Y estaríamos nosotros entre comillas como en un equinoccio o sea porque por el estar en el ecuador recibimos casi la misma cantidad de luz ¿no? ▲ si yo estoy en algún lugar y tengo una brújula, ¿Cómo puedo saber si el sol esta al norte o sur de la línea del ecuador?*

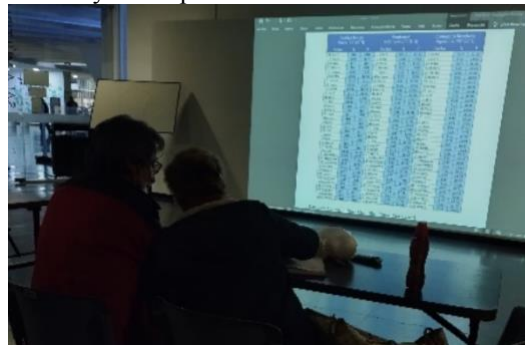
[respecto a lo que se puede saber observando la posición del sol] *yo diría que, pues ahí plantean el ecuador celeste, puedo inferir que la posición del sol me está diciendo a qué lado del hemisferio está recibiendo que cantidad de luz, o sea también podría más o menos identificar que estación podría estar ▲ con sombras podríamos medir la inclinación de la Tierra*

[posterior a la explicación de motivos que generan la observación] *alguien al norte o sur puede ver los mismo que se ve en el ecuador ▲ si estamos en este momento el Sol ahí, si yo lo veo desde Suba o desde Medellín el sol va estar en el mismo sitio, el que cambia es el sitio del que lo observa, pero el sol no ▲ ¿pero si alguien lo observa desde el polo? No creo que sea igual ▲ y la*

posición de la eclíptica entonces es relativa respecto de posición del observador, ¿cierto?

4.5. El día y la noche

Figura 8. Docentes observando los tiempos de amanecer y ocaso para diferentes ciudades.



Fuente: Los autores.

En esta actividad se usaron los datos suministrados por el Diario del Cielo para el amanecer y atardecer de tres ciudades ubicadas en puntos geográficos distantes y el plano cuadrículado que indica 24 horas del día en el eje vertical y los meses y días del año en el eje horizontal, el objetivo es observar gráficamente como cambia las horas de luz día a lo largo del año en diferentes latitudes. Los profesores se organizaron en parejas o grupos de tres y cada uno tubo un plano el cual debía colorear, cada integrante elegía una ciudad indicada en la tabla (figura 8) y luego de pintar podía comparar las diferencias del tiempo de día y noche en una ciudad y entre las otras dos ciudades.

Adicionalmente se realizó la construcción de un modelo esférico con diferentes líneas principales del globo terráqueo (trópicos, ecuador, círculos polares) y unos terminadores – que es la línea que divide el día y la noche – para las épocas de solsticios desde donde se identificó como varia la iluminación de la esfera y se pudo asociar al cambio de iluminación y las estaciones a lo largo del año en el planeta (figura 9).

El día y la noche está relacionada con la cantidad de luz que llega del sol

Yo fui a San Andrés y allá eran como a las 8 de la noche y no se había, o sea, todavía estaba de día

[respecto al modelo esférico que representa tiempo de sol y oscuridad en diferentes latitudes] *El modelo nos muestra como límites, o sea acá [en un lugar de la esfera] por mucho tendré 8 horas de día o de noche, pero por mucho eso, no 7 o, la transición entre eso no se da de una, entonces ¿Cómo le explico a los chicos en donde sería en que época del año en esa latitud tendría 12 horas de día y 12 horas de noche? Y como sería esa explicación ▲ creo que en algunos puntos no hay 12 horas de días y 12 horas de noche ▲ pero tiene que ser, porque tiene que haber una transición, no se puede pasar de 8 horas de noche a 8 horas de día, esa transición tiene que ser ▲ pero eso no significa que vayan haber 12 horas de día y 12 horas de noche ▲ en el polo no, pero en las otras latitudes sí, eso es lo que yo no entiendo, o sea no puede ser un y cambio de una.*

Figura 9. Construcción de una esfera que permita representar la iluminación de la Tierra para diferentes épocas del año.



Fuente: Los autores.

[respecto al cambio horario] *Pregunta, ¿eso ocurre en países que están por fuera de los trópicos, que manejan estaciones como para aprovechar la luz del día o para que se hace ese cambio de horario? ▲ ¿un país tan grande como Rusia también tiene una sola hora? ▲ Rusia por extensión sí, porque es demasiado ancho igual que Estados Unidos que manejan tres horarios.*

Durante la actividad surgieron preguntas o comentarios que posibilitaron el uso del mapa de Colombia y una tabla de datos incluidos en la introducción del Diario del Cielo que indica la corrección de la hora de observación que debe hacerse cuando se está en otras latitudes y longitudes del país. Se informó sobre la relación entre la hora civil que se mide respecto a un meridiano y el momento en el que se ven ciertos cuerpos o fenómenos celestes.

4.6. El mapamundi paralelo.

Para esta actividad se propone usar un globo terráqueo y ubicarlo de forma paralela al horizonte del lugar de observación, es decir que, reconociendo la posición de la ciudad o país, esta debe ubicarse en la parte más alta o superior del globo (es necesario sacar el globo del soporte). Luego, manteniendo esta orientación, se puede ubicar en un espacio abierto con luz directa del Sol, con el eje apuntando al norte geográfico y lo que observemos allí en ese momento es exactamente igual a lo que veríamos si saliéramos del planeta y lo observáramos desde el espacio exterior.

Figura 10. Visualización del globo terráqueo ubicando a Bogotá en el punto más alto.



Fuente: Los autores.



UNIVERSIDAD DISTRITAL
FRANCISCO JOSÉ DE CALDAS

Góndola, Enseñanza y Aprendizaje de las Ciencias



Resultado de Investigación

Si de esta forma registramos durante un periodo largo de tiempo, a una misma hora, será posible notar como varía la iluminación del planeta a lo largo del año.

[respecto a lo que se podría observar] *podemos ver que un hay momentos donde la tierra esta que recibe casi la totalidad cubre más como la luz solar que en otros movimientos que en otra posición donde está la tierra, que en los otros momentos no pasa ▲ podemos ver cuando es equinoccio ▲ con respecto a la elíptica de la órbita que tiene muy poca variación con respecto a una circunferencia yo si quería saber si eso de pronto si influye en los ciclos térmicos de la tierra, por ejemplo en las eras de hielo y las desglaciaciones o eso responde a otros movimientos ▲ entonces el solsticio es cuando le da luz al norte o sur y serían los inviernos y veranos ▲ el eje de la Tierra apunta hacia la osa o hacia la estrella polar, así se puede ubicar la Tierra ▲ alguien parado en el ecuador, respecto a la línea del ecuador celeste, vería que el sol esta más al norte en una época*

5. Conclusiones y/o consideraciones finales

Como lo indicamos respecto al discurso y su análisis, existe lo que sucede en las actividades y lo que piensan los docentes. En el sentido durante cada actividad los docentes comunican pocas creencias, ideas o conocimientos sobre los temas abordados. Por otra parte, algunos docentes conversan ampliamente, pero especialmente en temas que se salen un poco o del todo del objetivo de cada actividad, particularmente sobre algunas experiencias que han tenido en el aula al hablar de astronomía o en algún otro lugar fuera de ejercicio académico. Por lo tanto, obtener un discurso en la mayoría de situaciones es complejo, para futuras implementaciones consideramos necesario replantear las estrategias en las sesiones que generen más confianza al momento de expresar las ideas y posibiliten discursos más amplios sobre los temas trabajados.

Si los docentes se resisten o se limitan en la experimentación o las vivencias de la astronomía, por considerar que conocen los fenómenos o por otros motivos presentados, difícilmente podrán transformar sus discursos (ya sea por ampliación de los temas o cambio de ideas) y lograr transmitir ejercicios experimentales a los estudiantes, que sean contextualizados y propendan establecer procedimientos de investigación.

La mayor parte de las intervenciones dadas por lo docentes y que se presentan aquí, se relacionan principalmente con incógnitas que tienen los docentes, más que con una explicación de los fenómenos, en principio se podría decir que, debido a la proporción de preguntas en relación con la cantidad de enunciados o explicaciones, los docentes presentan conocimientos parciales, cortos o específicos sobre los contenidos de la astronomía y llegan a tener un interés mas particular en sus experiencias que en aspecto del diario.

Durante el presente trabajo no se ha culminado la interpretación completa de las sesiones desarrolladas, debido al volumen de información obtenida, por lo que se espera tener un panorama más amplio y detallado de las conversaciones de los docentes, que permita tomar ampliar el marco de resultados y conclusiones, de esta forma tomar decisiones justificadas respecto a futuras implementaciones e investigaciones en el campo de la formación de docentes para la observación del cielo.

6. Referencias

- Arias de Greiff, J. (1993). *La astronomía en Colombia* (Primera ed.). (E. G. LTDA, Ed.) Santa Fe de Bogotá: Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales.
- Camino, N.; Nardi, R.; Pedreros, R.; García, E.; Castiblanco, O. (2016) Retos de la enseñanza de la Astronomía. *Góndola, Enseñanza y Aprendizaje de las Ciencias*, v11, n1 pp 5-6



UNIVERSIDAD DISTRITAL
FRANCISCO JOSÉ DE CALDAS

Góndola, Enseñanza y Aprendizaje de las Ciencias



Resultado de Investigación

Carr, W., & Kemmis, S. (1988). *Teoría crítica de la enseñanza. La investigación-acción en la formación del profesorado*. (J. A. Bravo, Trad.) Barcelona: Martinez Roca.

Dias Fernandez, T. (2018). *Um estudo sobre a formação continuada de professores da educação básica para o ensino de astronomia utilizando o diário do céu como estratégia de ensino*. TESE DE DOUTORADO. Bauru: Universidade Estadual Paulista.

Duque Escobar, G. (2009). *La astronomía en Colombia: perfil histórico*. Manizales: Universidad Nacional de Colombia Sede Manizales Facultad de Ciencias Exactas y Naturales Departamento de Matemáticas y Estadística. Obtenido de <https://repositorio.unal.edu.co/handle/unal/3254>

Guataquirá, J.E.; Castiblanco, O.L. (2020). ¿Qué imaginarios tienen los niños sobre los cuerpos dentro y fuera del sistema solar y sus efectos en la Tierra? *Scientia et Technica* Año XXV, v.25, n.02.

Guba, E., & Lincoln, Y. (2002). Paradigmas en competencia en la investigación cualitativa. En C. A. Denman, J. A. Haro, & (comps), *Antología de métodos cualitativos en la investigación social* (Vol. XIV (3), págs. 113-145). Hermosillo, Mexico: Region y soiedad.

Jiménez, A. (2021). *Pedagogía y formación docente en Colombia* (Primera ed.). Bogotá: Editorial UD.

Lanciano, N. (2014). *Il Diario Del Cielo*. Roma: New Press Edizioni.

MEN. (Mayo de 2006). *Estándares Básicos de Competencias en Lenguaje, Matemáticas, Ciencias y Ciudadanas*. Bogotá: Ministerio de Educación Nacional. Recuperado el Mayo de 2019, de mineduacion.gov.co/1759/w3-article-116042.html

RAE. (2021). Real academia española: Diccionario de la lengua española. Obtenido de <https://dle.rae.es>

Rosenberg, M., Blandon, G., Christensen, L., & Russo, P. (January de 2014). Astronomy in Everyday Life. *CAPjournal*(14), 30-35. Obtenido de <https://www.capjournal.org/issues/14/>

Santander, P. (2011). Why and how to do Discourse Analysis. *Cinta de moebio* (42), 207-224. doi:<http://dx.doi.org/10.4067/S0717-554X2011000200006>

EXPERIENCIAS SOBRE FENÓMENOS ASTRONÓMICOS EN LA ESCUELA POR MEDIO DE HISTORIETAS Y LA ESCRITURA

EXPERIÊNCIAS SOBRE FENÓMENOS ASTRONÓMICOS NA ESCOLA ATRAVÉS DE DESENHO ANIMADO E ESCRITA

EXPERIENCES ON ASTRONOMICAL PHENOMENA IN SCHOOL THROUGH COMICS AND WRITING

Gloria Patricia Romero * , Marleny Tarquino Cabra ** 

Romero, G. y Tarquino, M. (2023). Experiencias sobre fenómenos astronómicos en la escuela por medio de historietas y la escritura. *Góndola, Enseñanza y Aprendizaje de las ciencias*, Número especial, v18, pp.1-16

Resumen

En este artículo se presenta una secuencia de actividades en torno a los fenómenos astronómicos denominados “Los Eclipses” y “Las Fases de la Luna”. Dicha secuencia es producto de la sistematización y reflexión de prácticas de enseñanza llevadas a cabo en el seno del club de astronomía RFKOSMOS de un colegio público ubicado en la ciudad de Bogotá. Entonces, de un cúmulo de experiencias del club a lo largo de 16 años, se seleccionaron las asociadas a los eclipses y las fases de la Luna, las cuales se convirtieron en insumos para crear dos historietas, una propuesta de instrumentos de observación y un protocolo de escritura. En primer lugar, en cuanto a las historietas, se narran dos situaciones cercanas a la realidad de los estudiantes, estas son acompañadas de una secuencia de preguntas que pretenden fomentar la reflexión, la discusión y el análisis. En segundo lugar, se presenta una propuesta para diseñar instrumentos sencillos y prácticos compuesta por una descripción textual basada en tres consignas referenciales para los profesores, a saber, ¿Cómo construirlo?, ¿Cómo usarlo?, ¿Qué fenómenos se pueden observar y/o recrear? En tercer lugar, se propone un protocolo para incentivar la escritura epistémica en áreas no lingüísticas, el cual surge producto de la participación de las autoras en una comunidad de práctica escritural interdisciplinaria¹. Como resultados preliminares, es conveniente mencionar el material didáctico puesto a servicio de otros colegas interesados en incentivar la enseñanza-aprendizaje de la astronomía y la resignificación de la escritura en pro del aprendizaje de la física y la astronomía. Finalmente, se señala la relevancia que tiene para el aprendizaje situar fenómenos astronómicos en las realidades de los estudiantes y la importancia de fomentar prácticas escriturales que trasciendan la dimensión evaluativa, y, hagan de la escritura un ejercicio reflexivo, consciente y real.

* Magister en Educación, Universidad de La Salle, Colombia, gromero99@unisalle.edu.co – ORCID <https://orcid.org/0000-0002-6099-4620>

** Magister en Educación, Secretaria de Educación Distrital, Colombia, marleny.tarquino@gmail.com – ORCID <https://orcid.org/0000-0002-9635-1942>

¹ La comunidad de práctica interdisciplinaria, el protocolo de escritura y las historietas presentadas aquí surgen en el seno de la tesis doctoral titulada “El papel de la escritura epistémica en el desarrollo del pensamiento científico escolar” en el marco del doctorado en Educación y Sociedad de la Universidad de La Salle, 2022.

Palabras-Clave: Lenguaje escrito. Material educativo. Cómic. Enseñanza de la astronomía.

Abstract

In this article we present a sequence of activities, around astronomical phenomena, titled “Eclipses” and “Phases of the Moon”. Said sequence is a product of the systematization and reflection on teaching practices carried within the RFKOSMOS astronomy club, in a public school located in Bogotá, Colombia. Thus, from a cluster of teaching experiences in the club throughout 16 years, we selected some of them associated to eclipses and Moon phases, which were then transformed into inputs to create two comic strips, a proposal for observation instruments and writing protocol. First, regarding the comic strips, we narrate two situations that can be close to the reality of the students and are accompanied by a sequence of questions intended to encourage reflection, discussion, and analysis. Secondly, we present a proposal for designing simple and practical instruments consisting of a textual description based on three instructions that can be used as a reference by teachers, namely, how to build it up? How to use it? and What phenomena can be observed and/or recreated? Thirdly, we propose a protocol to encourage epistemic writing in non-linguistic areas, which arises as a result of the authors’ participation in an interdisciplinary scriptural practice community. As preliminary results, is convenient to mention the didactic material placed at the service of other colleagues interested in stimulating teaching-learning astronomy and the resignification of writing in favor of learning physics and astronomy. Finally, we point out the relevance it has for learning to place astronomical phenomena in the realities of students and the importance of foment writing practices that transcend the evaluative dimension and make writing a thoughtful, conscious, and real exercise.

Keywords: Written language. Educational material. Comics. Astronomy teaching.

Resumo

Este artigo apresenta uma sequência de atividades sobre os fenômenos astronômicos conhecidos como "Eclipses" e "As Fases da Lua". Esta sequência é o resultado da sistematização e reflexão das práticas de ensino realizadas no seio do clube de astronomia RFKOSMOS de uma escola pública situada na cidade de Bogotá. Dos 16 anos de experiência do clube, selecionamos os associados aos eclipses e às fases da lua, que se tornaram inputs para a criação de duas bandas desenhadas, uma proposta de instrumentos de observação e um protocolo de escrita. Em primeiro lugar, no que diz respeito aos desenhos animados, são narradas duas situações próximas da realidade dos estudantes, acompanhadas por uma sequência de perguntas que visam encorajar a reflexão, a discussão e a análise. Em segundo lugar, é apresentada uma proposta para a concepção de instrumentos simples e práticos, que consiste numa descrição textual baseada em três questões de referência para professores, nomeadamente: Como construí-la, como utilizá-la, que fenômenos podem ser observados e/ou recriados. Em terceiro lugar, é proposto um protocolo para encorajar a escrita epistémica em áreas não linguísticas, que surge como resultado da participação dos autores numa comunidade interdisciplinar de prática escrita. Como resultados preliminares, vale a pena mencionar o material didático colocado ao serviço de outros colegas

interessados em encorajar o ensino-aprendizagem da astronomia e a ressignificação da escrita em favor da aprendizagem da física e da astronomia. Finalmente, é salientada a relevância para a aprendizagem da localização dos fenômenos astronômicos nas realidades dos estudantes e a importância de encorajar práticas de escrita que transcendem a dimensão avaliativa e fazem da escrita um exercício reflexivo, consciente e real.

Palavras-Chave: Língua escrita. Material educativo. Desenho animado. Ensino de astronomia.

1. Introducción

La enseñanza de la astronomía en la escuela representa un reto para los profesores de las instituciones educativas. En primer lugar, porque no hace parte de los contenidos obligatorios del plan de estudios. En segundo lugar, porque dentro de los colegios se cuenta con recursos muy escasos para hacer observaciones y mediciones. Estas dos situaciones han venido siendo mitigadas con la organización de clubes de astronomía escolar (Gavilán et al., 2015; Giraldo & Cardona, 2019; Tarquino, 2016) que a través de experiencias inmersivas pretenden movilizar aprendizajes sobre temas de la astronomía y motivar a los estudiantes para que conozcan más sobre esta ciencia.

Dentro de las estrategias diseñadas, validadas e implementadas se identifican el modelado, la observación a ojo desnudo, el uso de software, las conferencias y talleres con expertos y las tareas de escritura (Bustamante-Vélez & Castro-Rojas, 2021; Langhi, 2017; Lago et al., 2018; Pérez-Lisboa et al., 2020; Romero et al., 2017).

De esas estrategias señaladas, resulta de particular interés para las investigadoras profundizar en el papel que tiene la escritura dentro de las actividades de enseñanza-aprendizaje de la astronomía, por dos razones. Primero, porque consideramos que se ha venido desaprovechando el potencial epistémico de la escritura en las clases de ciencias y astronomía a favor del desarrollo de un pensamiento más científico y crítico. Segundo, porque la

enseñanza-aprendizaje de las ciencias en general, requiere hablar, escribir, leer y pensar en términos de un lenguaje científico (Lemke, 1997), el cual se adquiere por medio de interacciones en comunidades disciplinares.

Por otra parte, se recurre a las Historietas Conceptuales Contextualizadas (Reyes et al., 2019) como herramientas para propiciar en los estudiantes preguntas, reflexiones, discusiones, observaciones, mediciones y conclusiones. Estas historietas están inspiradas en las experiencias y reflexiones de un grupo de estudiantes pertenecientes al club de Astronomía RFKOSMOS, los cuales en sus prácticas tuvieron la oportunidad de observar y/o caracterizar fenómenos astronómicos, como, por ejemplo, las fases de la Luna y los eclipses.

En este sentido, se presenta aquí una estrategia pedagógica para fomentar la enseñanza de la astronomía en la escuela, la cual está compuesta por tres herramientas que desde su dimensión interdisciplinar contribuyen a la motivación y aprendizaje de conceptos físicos, astronómicos y matemáticos.

2. Marco de Referencia

En este apartado se desarrollan los tres campos conceptuales que fundamentan la secuencia de actividades, a saber: enseñanza de “Los eclipses” y “Las Fases de la Luna”, la escritura epistémica y las Historietas Conceptuales Contextualizadas.

2.1. Enseñanza de los eclipses y las fases de la Luna.

Para abordar la enseñanza de la astronomía los profesores recurren a modelos físicos, virtuales y a materiales didácticos disponibles en libros de texto o la web. Sin embargo, según Langhi y Nardi (2009) y Galperin y Raviolo (2017) algunos de estos recursos promueven tanto en los estudiantes como en los profesores errores conceptuales y/o didácticos que llevan a comprensiones incorrectas sobre los fenómenos astronómicos. De ahí que estén emergiendo propuestas que tengan en cuenta la ubicación geográfica de los estudiantes, sus necesidades reales, el acceso a fuentes de información confiables, metodologías innovadoras e interesantes, así como las concepciones alternativas frente a los fenómenos astronómicos (Langhi, 2017).

Para abordar la enseñanza de las fases de la Luna se requiere fomentar conocimientos sobre los movimientos del sistema Tierra-Luna-Sol, para evitar que predominen concepciones en las que, por ejemplo, la Luna no cambia de posición. Según Kriner (2004) la similitud entre los periodos de los movimientos de rotación y traslación de la Luna trae como consecuencia que desde la Tierra solo sea visible la misma mitad de la Luna, pero no necesariamente responde a que la Luna permanezca inmóvil. Al ser la Luna un cuerpo opaco que refleja la luz del Sol solo son visibles las zonas que ilumina el Sol, esas zonas corresponden con las fases de la Luna.

Las fases de la Luna dependen de la posición de la Tierra y la Luna respecto al Sol, lo cual a su vez implica que los tres cuerpos no se encuentran en el mismo plano, tal y como lo representan en algunos materiales didácticos (Camino, 1995; Galperin & Raviolo, 2017).

En cuanto a “los eclipses son procesos, en el espacio y en el tiempo” (Paolantonio & Camino, 2020, p. 35) ocasionados por la proyección de la sombra de un astro sobre otro, impidiendo la observación del segundo objeto que se

encuentra en penumbra total o parcial por un determinado tiempo (Galperin, 2021). Los eclipses de Sol ocurren cuando se alinean Sol-Luna-Tierra, la Luna se ubica delante del Sol e impide que pueda ser visualizado, según la ubicación geográfica del observador este apreciará un eclipse total, anular o parcial dado que la Luna proyecta su sombra en una región pequeña de la Tierra (Galperin et al., 2020; Lema, 2020).

Por otra parte, un eclipse de Luna se produce en la fase de Luna llena cuando la Tierra se interpone entre la Luna y el Sol, de tal manera que la Tierra produce una sombra sobre la Luna. De acuerdo a los movimientos Sol-Tierra-Luna se producen tres tipos de eclipses lunares: eclipse total, parcial y penumbral. En un eclipse total, la Luna se oscurece totalmente porque se ubica en la zona umbral de la Tierra, ocasionando que la Luna tome una coloración rojiza dado que la única luz que recibe es aquella que atraviesa la atmosfera de la Tierra. De la misma forma, en un eclipse parcial, la Luna se oscurece solo una parte porque no entra completamente en la sombra de la Tierra, es decir se ubica en la umbra. Finalmente, un eclipse penumbral ocurre cuando la Luna pasa por las afueras, o la zona penumbral de la Tierra, pero creando una sombra más tenue que lo hace menos perceptible desde la Tierra.

2.2. Escritura epistémica.

El concepto de escritura epistémica hace referencia a una escritura que permite construir y reconstruir el pensamiento mediante la revisión y reflexión de las ideas propias, el diálogo con el posible lector, y, la autorregulación que el escritor realiza sobre sus propios procesos (Emig, 1977; Applebee, 1984; Wells, 1990; Miras, 2000). El nivel epistémico de la escritura implica operaciones mentales que transitan desde la lectura, la construcción de objetivos, la identificación del destinatario, la textualización, la revisión, la reescritura, la

Proceso	Subprocesos
Planificación	<ul style="list-style-type: none"> • Búsqueda de información • Generación de ideas • Proposición de argumentos • Definición de la audiencia • Estructuración de las ideas • Gestión del tiempo • Organización textual
Textualización	<ul style="list-style-type: none"> • Ordenación sintáctica • Uso de recursos ortográficos • Selección léxica • Ampliación de las ideas
Revisión	<ul style="list-style-type: none"> • Relectura • Aspectos estéticos • Consistencia interna • Reescritura

profundización conceptual, la discusión, la argumentación, el análisis y la categorización (Carlino, 2002; Córdova et al., 2016; Costa-Pereira et al., 2019; Giraldo- Giraldo, 2020).

Escribir epistémicamente según Miras (2000) demanda usar el lenguaje escrito a favor de la construcción de conocimiento, la autorregulación y la reflexión. Sin embargo, no es una tarea inmediata o sencilla, se requieren ejecutar procesos educativos, cognitivos y sociales que posicionen la escritura en todas sus dimensiones, faciliten pertenecer a comunidades disciplinares y acceder a prácticas académicas que han sido restringidas a niveles de educación superior.

En cuanto a los procesos implícitos en la escritura epistémica, Carlino, 2005; Navarro et al. (2020), Miras (2000), entre otros; retoman el modelo de transformar el conocimiento propuesto por Scardamalia y Bereiter (1992), señalando la importancia de fomentar una dialéctica entre el espacio temático y el retórico, la consideración de la audiencia y desarrollar la planeación, textualización y revisión como procesos continuos. Cada uno de estos procesos involucra otros subprocesos (Tabla 1) que pueden ir siendo

fomentados de manera gradual en las tareas de escritura.

Tabla 1. Procesos y subprocesos de la escritura epistémica.

Fuente: las autoras

En el caso de la física, Hoehn y Lewandowski (2020) señalan que la escritura es una herramienta que posee el potencial para interiorizar los saberes, contribuye a resignificar las experiencias, los conocimientos y las prácticas científicas. Además, le provee al estudiante la posibilidad de organizar sus ideas, controlar y evaluar actividades cognitivas tales como la comparación, el análisis, la diferenciación, la síntesis, la clasificación, la inferencia; que son necesarias en el aprendizaje de las ciencias naturales (Applebee, 1984; Olson, 1998; Scardamalia & Bereiter, 1992; Graham et al., 2020). Sin embargo, resulta ser un desafío para los profesores de física dadas las concepciones que circulan dentro de las escuelas: en primer lugar, se cree que la lectura y la escritura son habilidades generales que se aprenden una sola vez y perduran a lo largo de toda la escolaridad, y, se pueden aplicar a cualquier contexto académico por tratarse de habilidades generales. En segundo lugar, se ha instaurado el imaginario colectivo que la responsabilidad de enseñar estas habilidades es exclusiva del profesor de lenguaje (Russell, 2002), de ahí las frecuentes quejas e inconformidades de los profesores sobre los bajos desempeños de los estudiantes en tareas escriturales. En tercer lugar, Navarro y Revel (2021) destacan que los profesores tienen una autopercepción de su escasa formación en prácticas de escritura, resultándoles más sencillo reproducir modelos transmisionistas y ejercer control por medio de las producciones escritas.

Por estas razones, el llamado que se viene haciendo es a resignificar la función evaluativa y comunicativa que cumple la escritura dentro de

las prácticas de enseñanza-aprendizaje de la física y la astronomía. A incluir la escritura como un ejercicio reflexivo, continuo, mediado y situado social e históricamente en los contextos de los estudiantes.

2.3. Historietas Conceptuales Contextualizadas.

Las Historietas Conceptuales Contextualizadas (HCC) devienen de la propuesta de Concept Cartoons de Keogh y Naylor (1999) diseñada para acercar a los adultos de Londres a conceptos científicos por medio de carteles ubicados en el metro, los cuales incluían diálogos en forma de afirmaciones o preguntas. Estos dibujos funcionan como estímulos para generar preguntas, motivar, intrigar, provocar discusiones y pensar científicamente (Long & Marson, 2003).

Las HCC hacen referencia a una narrativa secuencial organizada en viñetas que presentan situaciones de la cotidianidad de los estudiantes (Reyes et al., 2019). En las HCC se aprecian diálogos referentes a ideas alternativas y científicas entre personajes situados espacial y temporalmente (Jaimes et al., 2021).

Estas HCC actúan como herramientas didácticas, conceptuales y motivacionales para la enseñanza de la física y la astronomía (Montaño et al., 2022). A nivel didáctico le facilitan al profesor la presentación de fenómenos que en ocasiones parecen desconectados de la realidad de los estudiantes cuando se abordan con metodologías tradicionales o transmisionistas. En cuanto a la dimensión conceptual, promueven explicaciones y comprensiones que son producto de las relaciones que los estudiantes establecen con la narrativa y sus saberes, también, la exploración de otros conceptos interdisciplinarios que van surgiendo a medida que se discute y reflexiona sobre la historieta.

Finalmente, a nivel motivacional los estudiantes se interesan, sienten afinidad y sentido de

pertenencia con las actividades propuestas en torno a las HCC, no solo porque les resultan familiares sino porque les da la libertad de experimentar, indagar, preguntar, discutir e innovar (Reyes et al., 2020).

3. Metodología de investigación

En este apartado se describe la estrategia seguida para la construcción de las HCC, los instrumentos de observación y el protocolo de escritura.

3.1. Sobre las HCC.

En cuanto a la construcción de las HCC se eligieron los fenómenos astronómicos “las fases de la Luna” y “los eclipses”, los cuales habían sido abordados previamente en el club de astronomía RFKOSMOS de una institución educativa en la ciudad de Bogotá, mediante una secuencia de actividades de observación con instrumentos elaborados en el club.

A partir de estas experiencias se decidió diseñar los guiones teniendo en cuenta los mitos en torno a la incidencia de la Luna en la agricultura (Sánchez, 2010) y las diferencias entre los eclipses solares y los eclipses lunares.

Junto a estas historietas se adaptaron los protocolos propuestos por Reyes et al., (2019; 2020) para fomentar en los estudiantes preguntas, reflexiones y planes experimentales, y, se definieron cuatro categorías principales (tabla 2) que abarcan los ítems del protocolo de la HCC.

Tabla 2. Protocolo de interacción con las HCC.

Categoría	Ítem
Comprensiones	¿Qué entendieron de la historieta?
	¿Qué fenómenos astronómicos evidencian dentro de la historieta?
	¿Qué preguntas, reflexiones o comentarios les surgen?

Conjeturas	¿Qué tipo de observaciones, mediciones y/o experiencias se podrían relacionar con la situación desarrollada en la historieta?
	¿Qué hipótesis les surgen luego de leer la historieta?
Motivacional	De esas observaciones, mediciones y/o experiencias, ¿Cuál les gustaría desarrollar en el club de astronomía? ¿Por qué?
	¿Qué instrumentos necesitan?
Experiencial	¿Cuál es el plan de observación y/o medición que siguieron?
	¿Qué datos recopilaron?
	¿A qué conclusiones llegaron?

Fuente: las autoras.

3.2. Instrumentos de observación y/o medición.

A continuación, se presenta la descripción de dos instrumentos contruidos en el club de astronomía para la observación de un eclipse solar y las fases de la Luna junto con tres consignas: ¿Cómo construirlo?, ¿Qué fenómenos se pueden observar y/o recrear? Y ¿Cómo usarlo? Resulta conveniente señalar que el proceso mencionado aquí no ahonda aspectos técnicos o de medición, dado que en la web existen reseñas de diversos tipos de materiales diseñados para tal fin.

Cámara para Eclipse de Sol

Materiales

- 2 tubos de cartón concéntricos de diferente diámetro o puede construirlos con cartulina o cartón
- Pedazo de papel aluminio
- Papel milimetrado mantequilla
- Aguja para insulina
- Soporte para estabilizar
- Circunferencia hecha de cartulina de mayor diámetro que el de los tubos

¿Cómo construirlo?

Ensamble los dos tubos uno dentro del otro de tal manera que puedan deslizarse (Figura 1). Cubra el extremo del tubo de mayor diámetro con papel milimetrado, mientras que en el otro extremo del tubo de menor diámetro se fija el papel aluminio, use pegamento. Posteriormente, sobre el papel aluminio que fijo a la boca del tubo abra un orificio centrado con ayuda de la aguja. Use el soporte para estabilizar el instrumento.

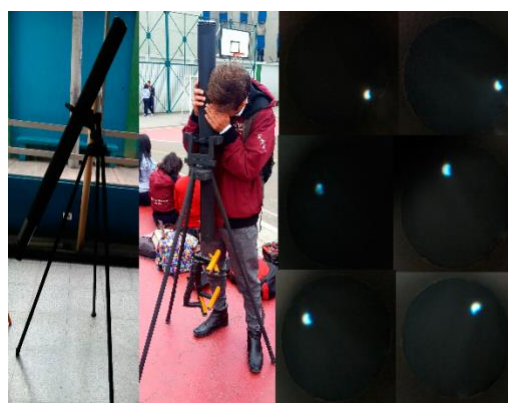


Figura 1. Montaje y observaciones de la cámara para eclipses solares. **Fuente:** las autoras.

¿Qué fenómenos se pueden observar y/o recrear?

- El Sol
- Eclipses solares (total o parcial)

¿Cómo usarlo?

Dirija el instrumento hacia el Sol (recuerde no ver directamente al Sol sin protección visual) de tal manera que el extremo que tenga el papel milimetrado esta cerca del ojo y el otro extremo deje pasar la luz a través del orificio que se reflejará en el papel milimetrado.

Si desea fotografiar el fenómeno se ubica la cámara en el extremo donde esta el papel milimetrado.

Modelo de fases de la Luna

Materiales

- Caja de zapatos con tapa
- Una bola de icopor de 10 cm de diámetro aproximadamente
- Nylon
- Silicona
- Bisturí
- Fuente de luz (linterna o foco)
- Pintura o cartulina negra

¿Cómo construirlo?

Pintar o forrar las superficies internas de la caja. En la tapa ubicar el centro y suspender con el nylon la bola de icopor. En los laterales abra orificios centrados que coincidan con la posición de la bola de icopor, en uno de los frontales abra un orificio centrado de tal manera que deje pasar la luz de la fuente (linterna o foco). En el otro frontal se hace un orificio similar al de los laterales para hacer las observaciones.

¿Qué fenómenos se pueden observar y/o recrear?

- Las fases de la Luna

¿Cómo usarlo?

Ubique la fuente de luz en uno de los frontales, luego observe y describa lo que aprecie, si es posible haga un registro fotográfico.

Pídale al estudiante que relacione la observación con las fases de la Luna y que compare con el calendario lunar del mes, además de hacer una observación a ojo desnudo de la Luna en diferentes momentos.

3.3. Protocolo de escritura.

El protocolo de escritura surge de la participación de las autoras en una comunidad de práctica escritural interdisciplinar denominada “Re-escribiendo Las Américas”, la cual está conformada por profesoras de física, biología, lenguaje e inglés. Como producto de las interacciones en la comunidad y tras discusiones colegiadas, fue posible construir un protocolo para abordar las tareas de escritura de manera

transversal, el cual está dispuesto según los procesos de la escritura epistémica y la estructura de los textos expositivos desarrollada por Muth (1990).

El protocolo está compuesto por cuatro actividades centrales:

- a) Presentación de la tarea escritural
- b) Preparación del primer borrador
- c) Reescritura del texto
- d) Evaluación

Para cada actividad se plantearon actividades secundarias (Figura 2) que son adaptadas según la asignatura o los requerimientos de la tarea escritural.



Figura 2. Actividades del protocolo de escritura. Fuente: adaptado de Romero (2023).

En cuanto a la presentación de la tarea escritural se propone una estructura de texto expositivo (Figura 3) para ser abordada con los estudiantes en cada asignatura, adicionalmente son incluidas unas preguntas orientadoras que sirven de referente sobre el contenido a presentar en el texto. Seguidamente se incentiva la preparación del primer borrador, creando un tejido entre la experiencia con la historieta, el protocolo de preguntas y las actividades provocadoras empleadas por el profesor para que el estudiante reconozca lo que sabe y lo que aún desconoce sobre el tema.



Figura 3. Estructura del texto expositivo. **Fuente:** Romero (2023).

Posteriormente, el estudiante cuenta con tiempo para avanzar en la construcción del primer borrador, el cual en la sesión siguiente será leído por un compañero de la clase. El objetivo de esta práctica es que el escritor identifique las ideas que al lector le resultan confusas, superficiales o inconclusas, así tiene la oportunidad de escribir pensando en una audiencia real. Con esa primera revisión, el estudiante procede a reescribir el texto. Tras la reescritura, el profesor es el encargado de leer con la mirada puesta en la estructura del texto expositivo y los procesos de la escritura epistémica (Tabla 3).

Tabla 3. Rúbrica de procesos de escritura.

Proceso	
Planeación	Busca información
	Organiza ideas
	Construye un mapa de ideas, una lluvia de ideas o fichas de lectura
	Define el destinatario del texto
Textualización	Define el propósito del texto
	Discute sus ideas con sus pares o el profesor (a)
Textualización	Construye un borrador
	Lee el texto
	Ajusta el escrito a la estructura del texto expositivo
	Propone e implementa correcciones

Reescritura	Reescribe el texto
	Evalúa su producción escrita

Fuente: Romero (2023).

Para que la revisión del texto por parte del profesor resulte en una oportunidad de mejora para el estudiante, se diseñó una rúbrica de textos expositivos en la comunidad de práctica (Tabla 4). El ítem señalado en color verde corresponde a la superestructura del texto, en color amarillo se resalta la macroestructura y en azul la microestructura. Esta rúbrica puede ser empleada como instrumento de autoevaluación, coevaluación o evaluación final.

Tabla 4. Rúbrica de textos expositivos.

Criterio	Nivel			
	Sup	Alt	Bas	Baj
El texto presenta un inicio, un desarrollo y un cierre	.	o	.	o
En el texto presenta la definición/descripción del fenómeno estudiado				
En el texto se presentan tipologías/clasificaciones				
En el texto se desarrollan ejemplos/ analogías/ contrastes				
En el texto se incluyen imágenes/tablas/ gráficas/ diagramas/ecuaciones				
El texto presenta una reflexión/síntesis/conclusión				
Las ideas son coherentes				
Utiliza de forma correcta los conectores lógicos				
Cita y referencia correctamente otros textos				
Hace buen uso de las normas ortográficas (incluyendo las tildes)				

Usa correctamente los signos de puntuación para crear frases y párrafos con sentido

Emplea un vocabulario técnico acorde a la situación

Fuente: Romero (2023).

Finalmente, el estudiante se autoevalúa a la luz de la estructura del texto expositivo socializada inicialmente, las preguntas orientadoras sobre el contenido del texto y la rúbrica de los procesos de escritura epistémica. Mientras que el profesor realiza una evaluación de las habilidades de pensamiento científico evidenciadas a lo largo de toda la actividad, aquí resulta necesario señalar que cada una de las profesoras pertenecientes a la comunidad diseñó su propia rúbrica de pensamiento científico, aquí se presenta la acogida por las autoras:

- Explica y caracteriza el fenómeno o situación
- Construye hipótesis y/o predicciones
- Propone un plan de observación
- Identifica las variables
- Desarrolla planes de medición
- Presenta y explica los resultados obtenidos
- Emplea tablas, gráficos, diagramas y ecuaciones para organizar y presentar la información
- Analiza y contrasta las hipótesis con las observaciones y/o mediciones
- Concluye y propone nuevas preguntas asociadas al fenómeno estudiado
- Explica las relaciones con otros fenómenos astronómicos
- Relaciona los fenómenos con eventos de la vida cotidiana (adaptado de Cáceres, 2015)

4. Resultados

Tras la construcción de las tres herramientas didácticas, se procedió a estructurar la secuencia

de actividades y para efectos de este avance de investigación se segmentó en tres secciones:

a. Interacción con la HCC

Consiste en la entrega de la HCC a los estudiantes (Figura 4 y 5) para que la lean individual o grupalmente. Como se aprecia en la figura 4 la HCC presenta una narrativa en torno a un grupo de amigos que dialogan sobre una experiencia con la observación de un fenómeno solar en Argentina que resulta ser muy diferente a lo sucedido en Colombia, de ahí surgen algunos interrogantes sobre el tamaño de la Luna y el Sol, así como las posibles diferencias entre los eclipses.



Figura 4. HCC los eclipses. Fuente: las autoras.

Por otra parte, la HCC de la figura 5 describe una conversación entre dos primos que escuchan de la abuela una afirmación asociada a la cosecha y las fases de la Luna, esto les genera reflexiones en torno a las diferencias entre las fases de la

Luna y la posible relación con las creencias populares.



Figura 5. HCC las fases de la Luna. Fuente: las autoras.

En cuanto a la interacción con la HCC, se entrega de manera grupal el protocolo de preguntas para que los estudiantes desarrollen el plan de observación y/o medición, construyan instrumentos y discutan los hallazgos (figura 6).



Figura 6. Interacción con la HCC. Fuente: Las autoras.

b. Presentación de la tarea escritural

En cuanto a la tarea escritural, en este momento de la secuencia se propone el diseño de un texto expositivo guiado de algunas preguntas (figura 7) que buscan coadyuvar al estudiante a la construcción de ideas científicas en torno al fenómeno que están observando. Dichas preguntas abordan la caracterización y clasificación de los fenómenos, acompañadas de procesos de planeación, textualización, revisión y reescritura (Figura 8).

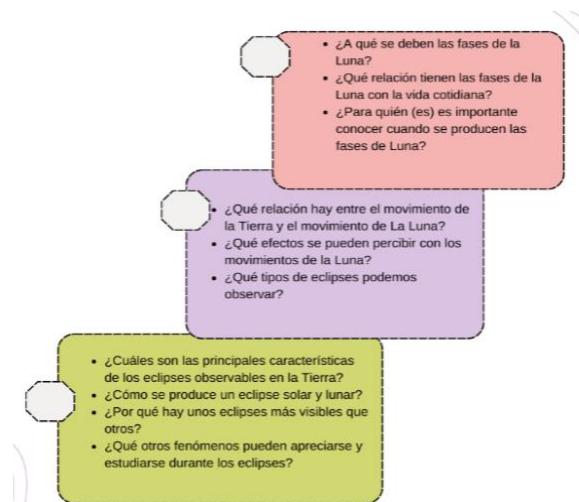


Figura 7. Preguntas orientadoras para el texto expositivo. Fuente: Romero (2023).

Como se aprecia en la figura 8, cada etapa de la tarea escritural implica desarrollar actividades de reflexión, discusión, reestructuración y revisión; así como interacciones con las rúbricas que cumplen la función de guía.

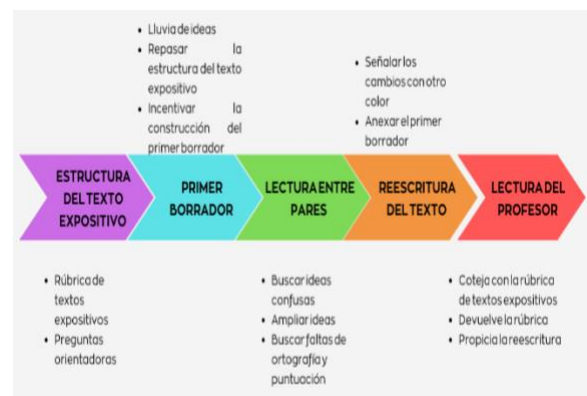


Figura 8. Presentación de la tarea escritural. **Fuente:** las autoras.

c. Evaluación final

Aunque la evaluación esta incluida en cada uno de los momentos de la secuencia dado que los estudiantes van construyendo y reconstruyendo su discurso a medida que avanzan en el desarrollo de las actividades, se propone al final de la secuencia recopilar los escritos de los estudiantes e implementar las rúbricas de textos expositivos y pensamiento científico como estrategias de seguimiento y cierre de la intervención (Figura 9). También, se sugiere que las rúbricas sean instrumentos de autoevaluación y coevaluación, para que sean los mismos estudiantes los que a través de estos procesos se autorregulen.



Figura 9. Actividades de evaluación final. **Fuente:** las autoras.

5. Consideraciones finales

Esta investigación tiene proyectada una segunda fase que consiste en su implementación, se espera desarrollar y evaluar el impacto de la secuencia de actividades en el aprendizaje de los fenómenos astronómicos mencionados. También, se ha proyectado hacer un piloto de la secuencia, manteniendo su estructura general, pero variando las HCC y los fenómenos estudiados. Finalmente, se espera encontrar puntos de convergencia y divergencia con los resultados obtenidos por las otras colegas de la comunidad de práctica que desde sus disciplinas implementaron la secuencia de actividades.

6. Referencias

- Applebee, A. (1984) Writing and reasoning. *Review of Educational Research*, 54 (4), 577-596.
- Bustamante-Vélez, L. y Castro-Rojas, Y. (2021) Astronomía y producción narrativa: Un universo de experiencias por descubrir. *Voces y Realidades Educativas*, (6), 111 – 124. <http://vocesyrealidadeseducativas.com/ojs/index.php/vyc/article/view/9>
- Cáceres, S. (2015). Descripción del desarrollo del pensamiento científico en niños de quinto básico de escuelas municipales de San Ramon. Tesis de maestría, Universidad Alberto Hurtado.
- Camino, N. (1995). Ideas previas y cambio conceptual en astronomía. Un estudio con maestros de primaria sobre el día y la noche, las estaciones y las fases de la luna. *Enseñanza de las Ciencias*, 13 (1), 81-96. <https://raco.cat/index.php/Ensenanza/article/view/21396>.
- Carlino, P. (2002). Enseñar a planificar y a revisar los textos académicos: haciendo lugar en el curriculum a la función epistémica de la escritura. IX Jornadas de Investigación. Facultad de Psicología, Universidad de Buenos Aires.
- Carlino, P. (2005). *Escribir, leer y aprender en la universidad. Una introducción a la alfabetización académica*. Fondo de cultura económica: Argentina.
- Córdova, A., Velásquez, M. y Arenas, L. (2016). El rol de la argumentación en el pensamiento crítico y en la escritura epistémica en biología e historia: aproximación a partir de las representaciones sociales de los docentes. *Alpha (Osorno)*, (43), 39-55. <https://dx.doi.org/10.4067/S0718-22012016000200004>
- Costa-Pereira, T., Faria, C. y Sousa, O. C. (2019). A função epistémica da escrita: aprendizagens de conteúdos e de escrita associadas ao trabalho de projeto em Estudo do Meio. *Acta Scientiarum. Language and Culture*, 41(1). <https://doi.org/10.4025/actascilangcult.v41i1.45794>

- Emig, J. (1977). Writing as a Mode of Learning. *College Composition and Communication*, 28 (2), 122-128.
- Galperin, D. y Raviolo, A. (2017). Análisis de imágenes relacionadas con día/noche, estaciones y fases lunares en textos de enseñanza de primaria. *Revista electrónica de investigación en educación en ciencias*, 12 (1), 1-11. http://www.scielo.org.ar/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1850-66662017000100001&lng=es&tlng=es
- Galperin, D., Álvarez, M., Heredia, L. y Haramina, J. (2020). Análisis de videos educativos y de divulgación sobre día/noche, estaciones y fases lunares. *Revista de Enseñanza de la Física*, 32 (nro. extra), 125-133. <http://rid.unrn.edu.ar/handle/20.500.12049/6672>
- Galperin, D. J. (2021). Eclipse solar del 14 de diciembre de 2020. Material informativo y recursos didácticos para docentes, 1-20. <http://rid.unrn.edu.ar/handle/20.500.12049/6922>
- Gavilán, L., Hernández, E., López, L. y Rivera, P. (2015). Experiencia de innovación: “Club de astronomía Orión: el conocimiento del universo al alcance de tus manos”. *Nodos y Nudos*, 4 (39), 83-93. <https://revistas.pedagogica.edu.co/index.php/NYN/article/view/4360/3628>
- Giraldo, L. M. y Cardona, G. (2019). Propuesta de enseñanza de la Astronomía en clubes de Astronomía a partir del concepto de cuerpo negro. *Revista Científica*, 199-207. <https://revistas.udistrital.edu.co/index.php/rvcie/article/view/14491>
- Giraldo-Giraldo, C. (2020). Dificultades de la escritura y desaprovechamiento de su potencial epistémico en estudiantes de posgrado. *Revista Colombiana de Educación*, 1(80), 173-192. <https://doi.org/10.17227/rce.num80-9633>
- Graham, S., Kihara, S. y MacKay, M. (2020). The Effects of Writing on Learning in Science, Social Studies, and Mathematics: A Meta-Analysis. *Review of Educational Research*, 90 (2), 179-226. DOI:<https://doi.org/10.3102/0034654320914744>
- Hoehn, J. y Lewandowski, H. J. (2020). Investigating students' views about the role of writing in physics lab classes. *Paper presented at Physics Education Research Conference 2020*, Virtual Conference. <https://www.compadre.org/Repository/document/ServeFile.cfm?ID=15486&DocID=5334>
- Jaimés, J. P., Reyes, J.D. y Bustos, E.H. (2021). Historietas Conceptuales Contextualizadas como herramienta para comprender fenómenos donde intervienen sustancias gaseosas. *Revista Tecné, Epistémé y Didaxis: TED*. Número extraordinario, 1456-1465. <https://revistas.pedagogica.edu.co/index.php/TED/article/view/15367>
- Keogh, B. y Naylor, S. (1999). Concept cartoons, teaching and learning in science: an evaluation. *International Journal of Science Education*, 21 (4), 431-446. DOI: 10.1080/095006999290642
- Kriner, A. (2004). Las fases de la Luna, ¿Cómo y cuándo enseñarlas? *Ciência & Educação (Bauru)*, 10 (1). <https://doi.org/10.1590/S1516-73132004000100008>.
- Lago, L., Ortega, J. y Mattos, C. (2018). La Luna en la mano: mediación y conceptos complejos en la enseñanza de la astronomía. *Ensaio Pesquisa em Educação em Ciências*, 20. <https://doi.org/10.1590/1983-211720182001020>.
- Langhi, R. (2017). Projeto Eratóstenes Brasil: autonomia docente em atividades experimentais de Astronomia. *Caderno Brasileiro de Ensino de Física*, 34 (1), 6-46. DOI: <http://dx.doi.org/10.5007/2175-7941.2017v34n1p6>
- Langhi, R. y Nardi, R. (2009). Ensino da astronomia no Brasil: educação formal, informal, não formal e divulgação científica. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, 31 (4), 4402-4412. <https://doi.org/10.1590/S1806-11172009000400014>.
- Lema, A. (2020). *Diseño y construcción de un material de enseñanza por comprensión sobre los tópicos día/noche, eclipses y fases lunares para*

- quinto grado*. Tesis de maestría, Universidad Nacional de Colombia.
- Lemke, J. (1997). *Aprender a hablar ciencia. Lenguaje, aprendizaje y valores*. Paidós: Barcelona.
- Long, S. y Marson, K. (2003). Concept cartoons. *Hands on Science*, 19(3), 22-23. DOI: 10.12691/education-9-9-5
- Miras, M. (2000). La escritura reflexiva. Aprender a escribir y aprender acerca de lo que se escribe. *Infancia y Aprendizaje*, 89, 65-80.
- Montaño, C. V., Reyes, J. D. y Bustos, E. H. (2022). The Moon phases: student's understanding from Contextualized Concept Cartoons. *Journal of Positive Psychology & Wellbeing*, 6 (2), 917-935.
<https://doi.org/10.47750/pnr.2022.13.S10.632>
- Muth, D. (1990). *El texto expositivo. Estrategias para su comprensión*. Aique Grupo Editor.
- Navarro, F., Ávila, N. y Cárdenas, M. (2020). Lectura y escritura epistémicas: movilizando aprendizajes disciplinares en textos escolares. *Revista Electrónica de Investigación Educativa*, 22, e15, 1-13.
<https://doi.org/10.24320/redie.2020.22.e15.2493>
- Navarro, F. y Revel, A. (2021). *Escribir para aprender. Disciplinas y escritura en la escuela secundaria*. Paidós. DOI: 10.37514/INT-B.2021.1176
- Olson, D. (1998). *El mundo sobre el papel: el impacto de la escritura y la lectura en la estructura del conocimiento*. Gedisa Editorial.
- Paolantonio, S. y Camino, N. (2020). Eclipse total de sol del 14 de diciembre de 2020. Paolantonio, Santiago.
- Pérez-Lisboa, S., Ríos-Binimelis, C. G. y Castillo, J. (2020). Realidad Aumentada y stellarium: astronomía para niños y niñas de cinco años. *Alteridad*, 15(1), 25-35.
<https://doi.org/10.17163/alt.v15n1.2020.02>
- Reyes, J. D., Romero, G. P. y Bustos, E. H. (2019). *Historietas Conceptuales Contextualizadas: Alternativas de enseñanza de las ciencias*. REDIPE: Colombia.
- Reyes, J. D., Romero, G. P. y Bustos, E. H. (2020). *Historietas Conceptuales Contextualizadas. Herramienta Didáctica para promover explicaciones en la enseñanza de las ciencias*. REDIPE: Colombia.
- Romero, A., Aguilar, Y. y Mejía, L. (2017). Naturaleza de las ciencias y formación de profesores. El caso de la experimentación. En A. Romero, et al., (Eds.). *La experimentación en la clase de ciencias: aportes para una enseñanza de las ciencias contextualizada con reflexiones metacientíficas* (pp. 2–14). Universidad de Antioquia.
- Romero, G. (2023). *El papel de la escritura epistémica en el desarrollo del pensamiento científico escolar*. Tesis de doctorado. Universidad de La Salle.
- Russell, D. (2002). *Writing in the Academic Disciplines. A Curricular History*. Carbondale and Edwardsville: Southern Illinois University Press.
- Sánchez, J.M. (2010). La Luna, mitología y ciencia. En A. Ginard., G. Pons, & D. Vicens (Eds.), *Història i Ciència: commemoració dels 40 anys de l'arribada de l'home a la Lluna* (pp. 119-132). Monografies de la Societat d'Història Natural de les Balears.
- Scardamalia, M.; Bereiter, C. (1992). Dos modelos explicativos de los procesos de composición escrita. *Infancia y aprendizaje*, 58, 43-64.
- Tarquino, E. M. (2016). *Desarrollo de procesos de investigación en la escuela a partir de la astronomía*. Tesis de maestría, Universidad Distrital Francisco José de Caldas.
- Wells, G. (1990). Talk about Text: Where Literacy is Learned and Taught. *Curriculum Inquiry*, 20 (4), pp. 369-405.



UNIVERSIDAD DISTRITAL
FRANCISCO JOSÉ DE CALDAS

Góndola, Enseñanza y Aprendizaje de las Ciencias

Número especial, v18, 2023.

11 Congreso Nacional de Enseñanza de la Física y la Astronomía



Avance de resultado de
Investigación

LA INTERACCIÓN FENÓMENO-ESTUDIANTE COMO BASE FUNDAMENTAL EN EL DESARROLLO DEL PENSAMIENTO CIENTÍFICO

THE PHENOMENON-STUDENT INTERACTION AS A FUNDAMENTAL BASIS IN THE DEVELOPMENT OF SCIENTIFIC THINKING

A INTERAÇÃO FENÔMENO-ESTUDANTE COMO BASE FUNDAMENTAL NO DESENVOLVIMENTO DO PENSAMENTO CIENTÍFICO

Kevin Paramero ¹

Paramero, K. (2023). La interacción fenómeno-estudiante como base fundamental en el desarrollo del pensamiento científico. *Góndola, Enseñanza y Aprendizaje de las Ciencias*, Número especial, v18, pp.1-11

Resumen

En este trabajo de investigación se estudia específicamente la enseñanza de la física a partir de acercamientos fenomenológicos desde la perspectiva de un proceso de matematización, con el cual se quiere mostrar el proceso como base fundamental en el desarrollo del pensamiento científico. Para ello se plantea una investigación-acción de tipo intervención en donde se experimenta acerca de la caída de cuerpos inmersos en diferentes fluidos. La experimentación directamente la realiza el estudiante, se puede modificar el sistema en cuanto al objeto que se deja caer, el fluido y la altura desde donde es lanzado el objeto, todo ello con el fin de que el estudiante logre abstraer las características que rigen al sistema y más allá de esto, identificar las variables que lo describen. Este primer acercamiento pretende solidificar la base del pensamiento en donde se va a desarrollar todo el concepto físico. Al proporcionar la experimentación con el respectivo montaje se logra una descripción cualitativa por parte del estudiante, en donde se evidencia relación entre variables y una construcción de un discurso técnico, además, se desarrollan una serie de predicciones las cuales se ponen a prueba por medio de la configuración del montaje. El poder comprobar o refutar estas predicción, crea en su lenguaje unas estimaciones cuantitativas y así se logra una descripción general pero concreta acerca del fenómeno estudiado. Proporcionar un acercamiento fenomenológico de este tipo, da cuenta de las

^{1*} Estudiante de Licenciatura en Física, Universidad Distrital Francisco José de Caldas, Colombia, paramero1002@hotmail.com - ORCID <https://orcid.org/0000-0001-8374-5603>

grandes limitaciones que tiene una clase tradicional y pone en evidencia el potencial académico que se puede desarrollar en el aula de clase.

Palabras clave: Matemización de la física, Didáctica de la física, Acercamiento fenomenológico.

Abstract

In this research work, the teaching of physics is specifically examined through phenomenological approaches from the perspective of a process of mathematization, aiming to demonstrate the process as a fundamental basis in the development of scientific thinking. To achieve this, an action research intervention is proposed, where experimentation is carried out regarding the fall of bodies immersed in different fluids. The experimentation is directly performed by the student, allowing for modifications to the system such as the object being dropped, the fluid, and the height from which the object is launched. All of this is done with the purpose of enabling the student to abstract the characteristics governing the system and, furthermore, identify the variables that describe it. This initial approach aims to solidify the foundation of thinking upon which the entire physical concept will be developed. By providing the experimentation with the corresponding setup, the student achieves a qualitative description, demonstrating the relationship between variables and constructing technical discourse. Additionally, a series of predictions are made, which are tested through the setup configuration. The ability to verify or refute these predictions leads to the development of quantitative estimations in their language, resulting in a comprehensive yet concrete description of the studied phenomenon. Providing this type of phenomenological approach reveals the significant limitations of a traditional classroom and highlights the academic potential that can be fostered within the classroom.

Keywords: Mathematization of physics, Didactics of physics, Phenomenological approach.

Resumo

Neste trabalho de pesquisa, é estudado especificamente o ensino da física a partir de abordagens fenomenológicas, sob a perspectiva de um processo de matemização, com o objetivo de demonstrar o processo como base fundamental no desenvolvimento do pensamento científico. Para isso, propõe-se uma pesquisa-ação de intervenção, na qual se realiza experimentação sobre a queda de corpos imersos em diferentes fluidos. A experimentação é realizada diretamente pelo estudante, sendo possível modificar o sistema quanto ao objeto que é deixado cair, ao fluido e à altura de onde o objeto é lançado, tudo isso com o intuito de permitir que o estudante abstraia as características que regem o sistema e, além disso, identifique as variáveis que o descrevem. Esta primeira abordagem visa solidificar a base do pensamento no qual todo o conceito físico será desenvolvido. Ao fornecer a experimentação com a respectiva montagem, obtém-se uma descrição qualitativa por parte do estudante, na qual se evidencia a relação entre variáveis e a construção de um

discurso técnico. Além disso, são feitas uma série de previsões que são testadas por meio da configuração da montagem. A capacidade de comprovar ou refutar essas previsões cria, em sua linguagem, estimativas quantitativas, resultando em uma descrição geral, porém concreta, do fenômeno estudado. Fornecer uma abordagem fenomenológica desse tipo revela as grandes limitações de uma aula tradicional e evidencia o potencial acadêmico que pode ser desenvolvido na sala de aula.

Palavras chave: Matemática da física, Didática da física, Abordagem fenomenológica.

1. Introdução

Con base en experiencias propias como estudiante de secundaria y a partir de vivencias como docente, se percibe que el aprendizaje de la física ha sido visto con temor por parte de los estudiantes. En la mayoría de los casos, esta situación puede atribuirse a la forma en que se enseña esta disciplina dentro del aula, pues a partir de las ideas de Elizondo (2013), se establece que los estudiantes presentan dificultades al momento de contextualizar los conceptos de la física. Esto surge como consecuencia de la priorización del tratamiento matemático - algorítmico del fenómeno, dejando de lado sus bases conceptuales. Estos obstáculos limitan al estudiante a desarrollar su pensamiento deductivo e interpretativo y resume todo el entendimiento de la física al manejo de unas cuantas ecuaciones, sin siquiera comprender las variables que las componen. Debe tenerse en cuenta, a la hora de enseñar la física, las posibles interpretaciones que cada estudiante puede tener acerca de un fenómeno físico y esto solo es posible con el acercamiento fenomenológico.

La interacción fenómeno-estudiante como base del desarrollo del pensamiento científico no es común en la práctica docente, tradicionalmente se enseña la física desde el modelo ya desarrollado por pensadores anteriores, quitando así la posibilidad de que el estudiante llegue por sí mismo al modelo desde su propia interpretación. Lo anterior, se establece como uno de los problemas fundamentales en la producción del conocimiento científico puesto que el estudiante en su formación académica no recibe las competencias necesarias para este fin. Dicho esto, crece la problemática

acerca de cómo concebir la enseñanza de la física, a partir del uso del enlace enseñanza - aprendizaje que involucra no solo al maestro como centro de interés si no que promueve la participación activa del estudiante.

2. Marco de Referencia

En el marco de este trabajo de investigación es importante contemplar una serie de argumentos que permiten un manejo general del mismo. En primer lugar es necesario entender la Didáctica de la física como una manera innovadora de pensar que desarrolla el docente, en la que pone al estudiante como eje principal en el ejercicio de la enseñanza. Como segundo argumento, es importante comprender la matematización de la física como una metodología de enseñanza la cual busca, a partir de determinados procesos, llegar a la construcción de un modelo físico capaz de describir un fenómeno de manera cualitativa y cuantitativa. Por último, debe comprenderse el acercamiento fenomenológico como una metodología de enseñanza en donde se prioriza la interacción del sujeto con la realidad y cómo, por medio de esta interacción, se puede construir una interpretación lógica y con argumentos sólidos que sirvan como base al desarrollo del pensamiento científico.

2.1. Didáctica de la física.

Para hablar de didáctica de la física es necesario recurrir a las ideas de Nardi & Castiblanco (2014). Estos autores caracterizan la didáctica como una práctica que promueve la enseñanza crítica en donde el docente no se limita como educador retórico, sino que por el contrario, hace de su

ejercicio docente un trabajo de investigación constante que ayuda a entender el contexto de sus estudiantes y las maneras de aprender de los mismos. Dicho esto, la didáctica de la física representa más que una metodología de enseñanza, puesto que se convierte en una manera de pensar que adopta cada docente en donde el principal objeto de estudio es el sujeto más no el contenido.

Según Cachapuz, Praia, & Manuela (2002), la participación directa del estudiante no es común en la clase de física, es por esto que la didáctica se vuelve un área de innovación en la enseñanza gracias a que ataca este problema de participación con base en la historia, la epistemología de la física y la psicología del aprendizaje. De esto modo es posible llegar a la caracterización de un entorno educativo, con el objetivo de promover un ambiente adecuado en el aula de clase.

La didáctica de la física como estructura del pensamiento educador, que garantiza un ameno y efectivo aprendizaje, debe ser analizada y entrenada a partir de lo que Nardi & Castiblanco (2014) establecen como “dimensiones”. Éstas permiten al educador romper los esquemas de la enseñanza tradicional, con el objetivo de llegar a un acto educativo humano en donde se tenga en cuenta la diversidad y la subjetividad de cada educando. Para ello se caracterizan tres dimensiones: dimensión disciplinar, dimensión sociocultural y dimensión interaccional (Nardi & Castiblanco, 2014).

2.1.1. Dimensión disciplinar.

En el campo educativo, la transmisión de conocimientos involucra, en toda su naturaleza, una serie de competencias necesarias que enlazan la formación académica con la práctica en el aula. Hablar de la dimensión disciplinar de la didáctica de la física, abarca el saber y la reflexión en cuanto a el conocimiento que lleva consigo el docente, es decir, los niveles de introspección del educador generan un proceso de autocrítica el cual permite solidificar su conocimiento.

Mayormente, los educadores fueron formados de manera tradicional y este tipo de enseñanza se vuelve comúnmente aceptada. Desde la perspectiva de Castiblanco & Vizcaíno (2018) es la práctica reflexiva por parte del docente la que le permite tener consciencia de ello y auto cuestionarse acerca de su formación y la manera en que la adquirió, esto desde un punto de vista histórico, epistémico y psicológico, logrando así una revisión metacognitiva de su saber.

2.1.2. Dimensión sociocultural.

En el proceso de enseñanza se interactúa directamente con individuos pertenecientes a una sociedad, sumergidos en costumbres, creencias y formas de actuar guiadas por determinadas culturas; Esto no puede pasar desapercibido a la hora de enseñar puesto que la caracterización sociocultural determina los procesos en que cada estudiante construye su saber.

En base a Castiblanco & Nardi (2016), la dimensión sociocultural prepara al docente para poder reflexionar acerca de su entorno educativo y tener la capacidad de abstracción de este llegando así a determinar de qué manera se adecua la enseñanza. De esta manera, el docente consigue caracterizar los factores que ayudan a potenciar el aprendizaje de la física en su entorno.

2.1.3. Dimensión interaccional.

La enseñanza requiere de por sí un educador y un o unos educandos. Para que el docente pueda desarrollar el pensamiento de sus estudiantes debe haber una interacción entre ellos, comúnmente se crea un modelo retórico en donde el docente habla y el estudiante trata de recoger ideas. De acuerdo con Castiblanco (2017), esta dimensión prepara al educador para reflexionar acerca de sus métodos de interacción en el aula y además para enseñar a sus estudiantes la interacción directa con su entorno educativo. Es importante que el docente sea consciente de la cantidad de herramientas que puede usar en el

momento que se deben usar con el fin de enriquecer el proceso de enseñanza y aprendizaje.

2.2. Procesos de matematización en la física.

Es una manera epistemológica de estructurar la enseñanza de la física con el objetivo de construir ideas y desarrollar el pensamiento del estudiante. Teniendo en cuenta a Vizcaíno (2013), los procesos de matematización para la enseñanza de la física es una actividad colectiva entre educador y educando sin el ánimo de imponer algún tipo de pensamiento, por el contrario, dando libertad de percepciones e interpretaciones del educando en cuanto a la física. La libertad de percepciones logra en el estudiante construir argumentos sólidos, coherentes y capaces de describir el objeto de estudio. Con ello se consigue que el estudiante cree un lenguaje conciso con el que pueda describir de manera clara el comportamiento de un fenómeno.

Tratando de estructurar epistémicamente la formulación del lenguaje para la concepción de los fenómenos naturales se proponen tres etapas en este proceso de matematización de la física, cada etapa en la actualidad es un campo amplio de estudio, estas son, la etapa del acercamiento fenomenológico, la caracterización del sistema físico y por último el modelamiento general del fenómeno.

Las tres etapas que conforman el proceso de matematización son dependientes y deben tener el orden anteriormente planteado, es por ello que al tratar de construir una idea se vuelve fundamental el acercamiento fenomenológico ya que de ahí nace la primera relación entre los esquemas conceptuales de la física y la interpretación del estudiante. Este acercamiento es el escenario perfecto para desarrollar el pensamiento científico.

2.3. Enseñanza a través del acercamiento fenomenológico.

La enseñanza pretende construir ideas desarrollando el pensamiento del educando. En física existe algo particular, esto es que dicha disciplina abstrae de manera directa y formal el comportamiento de la naturaleza, como lo describe Vizcaíno (2015), el conocimiento está expuesto ante todos, se debe educar la manera de percibirlo y analizarlo. Para ello se hace un acercamiento fenomenológico el cual tiene como fin buscar relaciones entre los esquemas conceptuales de la física y experiencias directas con el estudiante que permitan construir su propia interpretación del fenómeno estudiado.

Construir una interpretación correcta de la realidad no es sencillo, se debe observar detalladamente el fenómeno a estudiar y esto solo puede suceder con la interacción directa entre el fenómeno y el estudiante. Para ello se deben romper los esquemas tradicionales de enseñanza dándole autoría al estudiante, es decir, que el estudiante sea el principal protagonista en el acto educativo. Lograr este protagonismo es innovar en el aula de clase organizando actividades y brindando herramientas en donde el educando pueda cuestionarse y abstraer la información que la naturaleza expone constantemente. Por decirlo de otra manera, realizar un trabajo de comunicación directa entre la naturaleza y el estudiante siendo el profesor un mediador de lenguaje entre estos.

3. Metodología de la investigación.

3.1. Investigación acción.

Para esta investigación, el objeto de estudio es el educando directamente y el cómo este desarrolla su pensamiento científico por medio de una metodología distinta de enseñanza, para ello se debe, así mismo como en la metodología de enseñanza, poner en primer lugar al estudiante y analizar su manera de percibir y abstraer el conocimiento que brinda la naturaleza, esta manera de percepción y abstracción es subjetiva para cada individuo ya que esto se limita a la forma de pensar de cada cual teniendo entonces un proceso

diferente para cada estudiante, pero en medio de esta subjetividad, por medio de la lógica, se puede llegar a puntos medios los cuales den un reflejo del proceso que se está llevando a cabo.

Para tener en cuenta la subjetividad de cada estudiante y contrastar con un conjunto de interpretaciones llegando así a analizar un resultado, se debe entonces, analizar comportamientos, discursos y acciones de cada uno de los sujetos, esto lo permite un tipo de investigación cualitativa en donde se estudia al sujeto de manera no estandarizada y más a profundidad. Desde la perspectiva de Flick (2007), la investigación cualitativa a diferencia de la investigación cuantitativa no trata al objeto de estudio como una estadística más que dé cuenta de un comportamiento, por el contrario, hace toda la investigación alrededor de este y se sumerge a profundidad estudiando el porqué del comportamiento. Así se puede analizar de manera objetiva cada una de las variables que afecte el objeto de estudio, en este caso, tener en cuenta cada una de la percepción y abstracción que logra tener cada estudiante.

Para analizar a cada estudiante es importante la interacción con el mismo, es por ello por lo que será una investigación – acción de tipo intervención donde por medio de una metodología no tradicional de enseñanza se pretende observar el impacto de esta en un salón de clase.

3.2. Pregunta de investigación.

Comúnmente la participación de los estudiantes en las aulas de clase es escasa, en el área de la enseñanza de la física casi que de manera general se enseña este campo desde la retórica partiendo de modelos absolutos que describen algún comportamiento físico natural, es decir, el estudiante no desarrolla su pensamiento simplemente recibe información y una serie de instrucciones las cuales le indican qué hacer con dicha información, por otra parte, casi siempre se asume que para aprender física es necesario saber

matemáticas y de esta manera se limita la enseñanza de la física al manejo de unas cuantas ecuaciones.

Este modelo de enseñanza hace que el estudiante se limite a recibir una determinada información de un modelo físico muchas veces abstracto, quitando así la posibilidad de interacción del estudiante con el fenómeno. La física es la descripción formal de fenómenos generales que se presentan naturalmente, para entender esta realidad en donde se presentan dichos fenómenos simplemente se debe analizar y abstraer de la naturaleza los comportamientos de esta con ciertos criterios lógicos hasta llegar a la construcción de un concepto, es decir, simplemente se necesita de la interacción con la naturaleza y de una guía para poder abstraer el conocimiento que esta nos brinda.

En base a lo expuesto anteriormente se quiere investigar entonces acerca de una nueva metodología de enseñanza de la física la cual ponga en primer lugar al estudiante, brindando participación e interacción del mismo con el fenómeno a estudiar para que de esta manera el estudiante pueda, a partir de su abstracción de la naturaleza, crear las bases de un concepto que logre explicar el comportamiento de un fenómeno y así lograr su desarrollo de pensamiento científico, para ello se plantea la siguiente pregunta:

¿Cómo la aproximación fenomenológica se convierte en el punto de partida para el desarrollo del pensamiento científico?

3.3. Instrumento de toma de datos.

Estudio de caso por medio de la observación participante.

Esta investigación nace como la reflexión de un docente tratando de encontrar nuevas metodologías de enseñanza que faciliten la comprensión de la física, es por ello que como docente se debe participar de manera directa con la investigación, proponiendo una serie de actividades que ayuden a un acercamiento fenomenológico del

estudiante con el mundo físico, para que de esta manera, a partir de las observaciones realizadas por el docente, lograr una serie de datos para posterior a ello analizar el resultado de la metodología planteada.

En este tipo de investigación los datos son las observaciones del docente en el aula y la producción de contenido por parte de los estudiantes, por ello es importante clasificar las pautas que sirvan como datos para analizar la investigación, para hacer de esta observación clara y concreta se realiza la siguiente rejilla de observación.

Tabla 1. Rejilla de observación para realizar la toma de datos en el trabajo de investigación.

LA INTERACCIÓN FENÓMENO-ESTUDIANTE COMO BASE FUNDAMENTAL EN EL DESARROLLO DEL PENSAMIENTO CIENTÍFICO			
Esta rejilla de observación solamente será usada como instrumento de toma de datos para desarrollar este trabajo de investigación que pone a prueba una nueva metodología de enseñanza de la física.			
Nombre de la institución:			
Ubicación de la institución:			
Nombre del profesor titular:			
Nombre del profesor investigador:			
Número de estudiantes:			
Objetivo de la investigación: Encontrar una nueva metodología de enseñanza de la física en donde el estudiante sea el autor principal llegando por sí mismo a la construcción de conceptos gracias a la interacción directa con el fenómeno a estudiar.			
INTERACCIÓN CON EL FENÓMENO			
Indicador	Si	No	¿cómo?
¿Existe participación en las experimentaciones o actividades planteadas?			

¿Usan adecuadamente la instrumentación de medición y/o observación?			
¿Se crean posicionamientos o tendencias que faciliten la observación?			
ABSTRACCIÓN DEL FENÓMENO			
Indicador	Si	No	¿cómo?
Crea preguntas espontaneas acerca del funcionamiento del fenómeno			
Hace predicciones y las pone a prueba de manera experimental.			
Identifica variables que describen el comportamiento del tema en estudio			
ARGUMENTACIÓN Y CREACIÓN DEL CONCEPTO			
Indicador	Si	No	¿cómo?
Se desarrollan momentos de debate entre los estudiantes con respecto al funcionamiento del fenómeno			
Se crean contra preguntas que ayudan a interpretar el fenómeno en estudio			
Se logra describir de manera general el fenómeno en estudio			

Fuente: el autor.

Además de esta rejilla de observación, en el transcurso de la clase se elabora una bitácora por parte de los estudiantes en la que grupalmente deben redactar los acontecimientos importantes de la experimentación, por último, cada estudiante elabora una definición general acerca de la caída de los cuerpos, esto a manera de conclusión con respecto a la intervención realizada.

3.4. Análisis de los datos.

Para el análisis de los datos se realiza un análisis de contenido en donde se procede a estudiar la bitácora que se llevó a cabo grupalmente por los estudiantes, su conclusión individual la cual lleva a formar su propia definición que describa el fenómeno de la caída de los cuerpos y la rejilla de observación, todo ello registrado de manera textual.

El análisis de este contenido se hará en tres fases específicas como lo plantea Laurence (1986), en primera instancia se tiene la etapa de la codificación en donde se lee toda la producción de contenido y se procede a identificar tendencias que permitan reconocer los aspectos relevantes de dicha producción, creando así unidades de análisis, en donde se establecen relaciones entre las partes textuales producto de las ideas de los estudiantes y de la observación del docente. Como segunda fase se tiene la categorización que, partiendo de las unidades de análisis identificadas en la codificación, se crea una serie de categorías contundentes que permitan dar claridad acerca de la problemática en cuestión, cada categoría debe ser un estudio específico que profundice uno de los campos que abarca el trabajo de investigación, como última fase, se procede a explicar la presencia de cada categoría establecida en la intervención, dicha explicación es producto de la interpretación que el investigador otorga a los datos obtenidos teniendo como base del argumento el marco de referencia y una orientación clara para tratar de desarrollar la pregunta de investigación.

4. Resultados

La intervención se realizó en un colegio de la localidad Antonio Nariño en la ciudad de Bogotá para estudiantes de décimo y undécimo grado pertenecientes a la especialización en matemática que ofrece dicho colegio. Las edades de los estudiantes oscilan entre 16 a 18 años. La intervención la ejecutó directamente el profesor investigador el cual llevó los materiales para la experimentación debido a que la institución no contaba con materiales experimentales. Durante la intervención y al final de esta se recopiló la producción de contenido. A partir de este momento, para citar textualmente alguna parte de las argumentaciones creadas por los estudiantes se hará usando la letra “E”, con esta producción de contenido y con la rejilla de observación diligenciada se establecen 3 categorías de análisis, las cuales se muestran a continuación.

4.1. Comparación acerca de las experimentaciones realizadas.

La interacción fenómeno-estudiante es la base fundamental de esta investigación, pero hay que saber de qué manera debe interactuar el estudiante con el fenómeno. Si se presenta una sola situación experimental difícilmente este podrá abstraer información, pero si, por el contrario, se logra crear una serie de sistemas que estén inmersos en el mismo fenómeno físico se consigue entonces un carácter comparador.

En esta intervención el carácter comparador fue el protagonista, gracias a él se obtuvo la creación de preguntas e hipótesis las cuales permitieron proporcionar gran inquietud acerca de la observación a tal punto de querer entender el funcionamiento del sistema. Es allí en donde se presenta un fenómeno real y universal, por medio de la experimentación se desarrolla una reflexión mediante un debate interno y externo de los estudiantes tomando como punto de partida su experiencia sensorial, teniendo así, a través de la capacidad descriptiva, una esquematización del fenómeno estudiado.

En esta parte comparativa de la intervención hubo un suceso en el que todos los estudiantes acordaron una determinada predicción, dicha predicción condujo a ser refutada por medio de la experimentación. La predicción consistía en postular que la esfera caía más rápido cuando se sumergía en aceite en comparación a cuando se sumergía en agua. Esta comparación puede ser producto del esquema que posee la mayoría de estudiantes acorde a la representación empírica que tienen en cuanto a la interacción con estos fluidos, ya que asocian al aceite como un fluido más “resbaloso” que el agua. Al realizar esta experimentación con el fin de poner a prueba esta creencia, se obtuvo como resultado, que el objeto caía más rápido cuando se sumergía en agua, expresado por palabras de un estudiante como:

E: La pepita cae más rápido en el agua que en el aceite, sé eso porque el profesor hizo una prueba y lo supimos por medio del cronómetro.

En este argumento se evidencia una construcción de una nueva realidad para el estudiante, realidad que ahora debe ser interpretada para lograr una descripción formal del fenómeno, es decir, se tiene una realidad observada y comprendida, ahora, en el estudiante, crece la necesidad de dar una explicación coherente y técnica a ese comportamiento, es allí cuando se consigue identificar las diversas variables que componen el sistema y las relaciones que se pueden establecer entre las mismas.

Gracias al carácter comparador que se planteó en el desarrollo de la experimentación se pudo refutar la creencia que los estudiantes tenían acerca del tiempo de caída del objeto inmerso en agua y en aceite, se logró aclarar dicha situación y más allá de ello se construyó el por qué de este comportamiento, como lo expresó un estudiante:

E: Entre el agua y aceite la pepita caía más rápido en el agua ya que el agua es menos viscosa.

Por medio de la experimentación se logró diferenciar el término de densidad y viscosidad, además, se comienza a reconocer la característica viscosa de los líquidos como una variable que influye

en la caída de los cuerpos, variable que en el discurso de los estudiantes se vuelve más importante que el término densidad, ya que este cobra más sentido al poner a prueba la predicción con la realidad experimental.

4.2. Relaciones entre las variables que influyen en la caída de los cuerpos.

La experimentación directa es muy enriquecedora para el estudiante, allí, en la intervención realizada, sin necesidad de sugerir un procedimiento de observación, comenzaron a surgir preguntas que abrían paso a la creación de hipótesis las cuales trataban de describir el comportamiento de la caída de los cuerpos.

Las hipótesis creadas tenían como fin identificar las variables que influyen directamente en el sistema, de esta manera se logran relacionar gran cantidad de variables a tal punto de construir una descripción cualitativa y cuantitativa por parte de los estudiantes. Entiéndase por descripción cuantitativa no una expresión matemática si no una comparación en cuanto a valores de las variables presentes.

Se puede evidenciar al principio de la clase una relación entre la experimentación y el sentido común de los estudiantes. Antes de la experimentación los estudiantes pensaban ya acerca del comportamiento del fenómeno lo cual llevaba a crear predicciones acerca de cómo sería la caída. Muchas de estas predicciones fueron refutadas al momento de ponerlas a prueba en la experimentación, es allí en donde indiscutiblemente el estudiante logra tener la convicción de ese comportamiento, pero, además de ello, se empieza a cuestionar acerca del por qué el fenómeno funciona de esa manera.

En el momento en que el estudiante se cuestiona, surge la necesidad de comenzar a identificar y relacionar variables. Como un ejemplo de esto se llama a colación la relación que estableció un estudiante acerca de las variables que influyen en la caída, textualmente expresó:

E: La densidad y viscosidad de un fluido crea una resistencia y esto hace que demore más en caer un objeto.

Esta relación que estableció el estudiante, aunque no haya una formulación matemática que lo describa, es una descripción de la realidad percibida que conlleva una estructura lógica permitiendo así transpolar un comportamiento físico a un lenguaje técnico el cual asocia conceptualmente las variables que influyen y además describe tanto cualitativa como cuantitativamente el funcionamiento del sistema por medio de relaciones entre dichas variables. Otros argumentos interesantes se muestran enseguida:

E: La velocidad depende de la densidad del líquido y de la forma del objeto que se esté poniendo a prueba.

E: La viscosidad aumentará o disminuirá el tiempo de caída.

E: La caída de la bolita depende de la viscosidad de cada líquido para así concluir si cae rápido o no.

Todos estos argumentos identifican variables cruciales que se presentan en el fenómeno, como la forma del objeto que se deja caer, la viscosidad y densidad del líquido, todo ello en relación a la velocidad y el tiempo de caída.

Cabe resaltar que a lo largo de la intervención, después de hacer varios montajes experimentales y ponerlos a prueba, se hizo una lluvia de ideas para identificar las variables que ayudaron a describir el sistema. En esta actividad todos los estudiantes participaron postulando por lo menos una variable y explicando a lo que hacía referencia en el contexto de nuestra experimentación, de este modo, se obtuvo una abstracción de los estudiantes con respecto a la naturaleza teniendo como agente intermediario la interacción del fenómeno y el estudiante.

4.3. Afirmaciones acerca de la caída de los cuerpos.

Las afirmaciones de los estudiantes acerca de la caída de los cuerpos se entienden como las conclusiones que llegaron después de haber sido realizada la intervención. Con ello se pudo lograr que estructuraran y construyeran un concepto que dé cuenta de la caída de los cuerpos desde la interacción directa con el experimento. En cada afirmación se consigue evidenciar posturas firmes a las cuales se llega por medio de la reflexión y el debate para dar una formulación conceptual a un problema de la realidad.

Lo más enriquecedor es precisamente poder transpolar el lenguaje de la naturaleza a las estructuras mentales de los estudiantes, que a través de la experimentación, van desarrollando una cohesión acerca del comportamiento físico y así van logrando describir el fenómeno por medio de esta abstracción de la información que ofrece la naturaleza. La cohesión y capacidad de descripción ya hace parte del proceso de matematización en la física debido a que el estudiante está asociando los esquemas conceptuales de la naturaleza con su experiencia sensorial, transformando dichas experiencias en un lenguaje técnico el cual permite tener una apropiación del tema en cuestión, esto se puede evidenciar cuando uno de los estudiantes afirma, después de haber experimentado, que:

E: La caída no depende de la masa – la caída depende de la resistencia.

En este argumento del estudiante se concibe una postura concreta frente al fenómeno de la caída de los cuerpos en donde las palabras resistencia y masa hacen alusión a la creación del lenguaje mediador para explicar el fenómeno, dichas palabras fueron mencionadas en clase por parte de los estudiantes, además, se consensó su interpretación logrando así una asociación entre los esquemas conceptuales de la física y el aprendizaje sensorial de los estudiantes. Afirmaciones como esta se consiguieron desarrollar en la intervención, en donde se percibe un progreso del lenguaje científico y una certeza del estudiante frente al

fenómeno estudiado, todo ello por medio de la interacción directa con el fenómeno.

A continuación, se citan una serie de afirmaciones con el fin de mostrar el manejo lingüístico y las certezas de los estudiantes producto de la experimentación:

E: La resistencia es una fuerza contraria a la de la gravedad que al momento de caer un objeto se opone.

Este estudiante, por medio de su argumento, identifica una variable importante presente en el fenómeno estudiado. Habla de la resistencia como una fuerza y más allá de ello, como una fuerza contraria al movimiento. Lo más importante de este argumento es la concepción del estudiante acerca del movimiento debido a que relaciona la presencia de fuerzas con el mismo e identifica las fuerzas que se oponen o contribuyen a este. En seguida, otras afirmaciones:

E: La caída de un objeto depende de la resistencia que presenta el líquido en donde se deje caer el mismo.

E: La caída es una fuerza que depende de la resistencia del fluido-viscosidad que es una fuerza contraria a la de la gravedad.

En cada una de estas afirmaciones se logra apreciar una convicción del estudiante como conclusión a la experimentación, no obstante, dicha conclusión abarca todo un proceso precedente en el cual se establecieron relaciones entre variables, se ajustaron términos para el manejo del lenguaje, se pusieron a prueba predicciones producto de los esquemas mentales de los estudiantes. Dichas predicciones fueron refutadas o comprobadas por medio de la experiencia, es decir, por medio de la interacción fenómeno-estudiante.

5. Conclusiones.

El tener la capacidad de interactuar directamente con el fenómeno abre paso a la

necesidad de crear un lenguaje para describir lo que se está observando, este lenguaje debe ser coherente y concreto, en este punto ya se está tomando una relación entre los esquemas conceptuales de la física y la experiencia sensorial de cada estudiante. Por medio de estas relaciones y observaciones se obtienen agentes comparadores los cuales producen una serie de hipótesis y predicciones que al poner a prueba experimentalmente enriquecen de gran manera la interacción del fenómeno con el estudiante, con ello se logra la observación de una realidad, se muestra el verdadero comportamiento de la naturaleza, esto introduce la necesidad de la creación de variables que influyen en el sistema, además de crear relaciones entre estas mismas, todo ello con el fin de describir las observaciones producto de hipótesis ya comprobadas o refutadas, de allí se obtiene una descripción cualitativa y cuantitativa del sistema, creadas a partir de la realidad. Esta interacción como abstracción de la realidad crea en el estudiante una convicción indestructible la cual lo lleva a crear afirmaciones que describen la síntesis de lo que él observó.

Lograr comparar, identificar variables y argumentar acerca del comportamiento de un fenómeno con certeza debido a la vivencia directa con el mismo, es el punto de partida para la construcción del pensamiento científico que busca abstraer todo el conocimiento posible que nos ofrece la naturaleza y esto se adquiere con la interacción directa entre el fenómeno y el estudiante, tomando el estudiante un rol como investigador y filósofo de la naturaleza.

6. Referencias.

- Cachapuz, A., Praia, J., & Manuela, J. (2002). *Ciência, Educação em Ciência e Ensino das Ciências*. Lisboa: Ministério da Educação.
- Castiblanco, O. (2017). La interacción en el aula como una dimensión de la Didáctica de la física. *Tecné, Episteme y Didaxis, (Extraordinario)*, 382-388.
- Castiblanco, O., & Nardi, R. (2016). Enseñando la Dimensión Sociocultural de la Didáctica de la Física. *En*

Kevin Paramero. (2023). La interacción fenómeno-estudiante como base fundamental en el desarrollo del pensamiento científico

2do Congreso Internacional de Enseñanza de las Ciencias y las Matemáticas. Argentina.

Castiblanco, O., & Vizcaíno, D. (2018). Re(conocimiento) de la Disciplina a partir de ejercicios metacognitivos en la Formación de Profesores de Física. *Revista Internacional de Aprendizaje en Ciencias, Matemáticas y Tecnología*, 5(1), 29-39.

Elizondo, M. del S. (2013). Dificultades en el proceso enseñanza aprendizaje de la Física. *Presencia Universitaria*.

Flick, U. (2007). Introducción a la investigación cualitativa . Madrid : Ediciones Morata.

Laurence, B. (1986). *Análisis del contenido*. Madrid, España: Ediciones Akal.

Nardi, R., & Castiblanco, O. (2014). *Didática da Física*. São Paulo: Brasil: Editora UNESP

Vizcaíno, D. F. (2013). Papel da “matematização” nas explicações de professores e alunos em disciplinas de física na formação inicial de professores.257. Doctorado en Educación para la Ciencia- Facultad de Ciencias, Universidade Estadual Paulista. Bauru.

Vizcaíno, D. F. (2015). Diferencias trascendentales entre matematización de la física y matematización para la enseñanza de la física. *Tecné, Episteme y Didaxis*, 95-111.

LA RADIACIÓN IONIZANTE UN ESCENARIO DIDÁCTICO EN LA ENSEÑANZA DE LA FÍSICA EN RADIOLOGÍA

IONIZING RADIATION, A DIDACTIC SCENARIO IN THE TEACHING OF PHYSICS IN RADIOLOGY

RADIAÇÃO IONIZANTE UM CENÁRIO DIDÁTICO NO ENSINO DE FÍSICA EM RADIOLOGIA

Nelly Yolanda Céspedes Guevara 1*^{ID}, Rosa Nidia Tuay Sigua 2^{ID}**

Céspedes, N.; Tuay, R. (2023). La radiación ionizante un escenario didáctico en la enseñanza de la física en radiología. *Góndola, Enseñanza y Aprendizaje de las Ciencias*, Número especial, v18, pp.1-7

Resumen

Esta ponencia surge como parte del proceso de trabajo en aula en el marco del proyecto Nucleando, el objetivo de esta propuesta es presentar un escenario didáctico de enseñanza de física básica a través de un contexto de formación profesional. Desde los contextos teóricos la temática radiación ionizante es uno de los elementos primordiales en la enseñanza de la física aplicada a un programa profesional de radiología, en este sentido, la radiación ionizante es un fenómeno donde determinados cuerpos emiten energía emitiendo radiación electromagnética o radiación corpuscular, identificadas por su alta energía. Una radiación es ionizante si transporta energía suficiente para extraer los electrones ligados al átomo. Si no se cumplen estas condiciones la radiación no ionizante. El carácter ionizante o no ionizante no depende de la naturaleza corpuscular u ondulatoria de la radiación.

Desde el punto de vista metodológico, se abordó la propuesta a través de una metodología cualitativa en la caracterización de la temática trabajada a través de la aplicación de recursos virtuales como la plataforma del Proyecto Nucleando Virtual, desde donde se interactúa con escenarios de aplicación de contextos que permite a los estudiantes acercarse a un fenómeno físico que no se puede percibir a simple vista y que es fundamental para la comprensión de los elementos disciplinares de su formación profesional.

Palabras clave: Didáctica de la física, Radiación Ionizante. Enseñanza.

Abstract

This reflection arises as part of the classroom work process within the framework of Nucleando project, the objective of this proposal is to present a didactic scenario for

* Doctora en Educación, Fundación Universitaria del Área Andina, Colombia, ncspedes@areandina.edu.co, 0000-0003-3490-342X.

** Doctora en Historia y Filosofía de las Ciencias. Universidad Pedagógica Nacional, rtuay@pedagogica.edu.co, 0000-0002-2040-2854

teaching basic physics through a context of professional training. From theoretical contexts, the theme of ionizing radiation is one of the essential elements in the teaching of physics applied to a professional radiology program. In this sense, ionizing radiation is a phenomenon where certain bodies emit energy by emitting electromagnetic radiation or corpuscular radiation. identified by their high energy. An ionizing radiation if radiation carries enough energy to remove the electrons bound to the atom. If these conditions are not met, non-ionizing radiation. The ionizing or non-ionizing character does not depend on the corpuscular or wave nature of the radiation.

From the methodological point of view, the proposal was approached through a qualitative methodology in the characterization of the theme worked through the application of virtual resources such as the Virtual Nucleando Project platform, from where it interacts with context application scenarios. that allows students to approach a physical phenomenon that cannot be perceived with the naked eye and that is essential for understanding the disciplinary elements of their professional training.

Keywords: Didactics, Ionizing Radiation, Teaching.

Resumo

Esta reflexão surge como parte do processo de trabalho em sala de aula no Nuclenado project, o objetivo desta proposta é apresentar um cenário didático de ensino de física básica por meio de um contexto de formação profissional. Dos contextos teóricos, o tema das radiações ionizantes é um dos elementos essenciais no ensino de física aplicada a um programa profissional de radiologia, nesse sentido, a radiação ionizante é um fenômeno pelo qual determinados corpos emitem energia através da emissão de ondas. (radiação eletromagnética) ou partículas subatômicas (radiação corpuscular). Se a radiação carrega energia suficiente para causar ionização no meio por onde passa (removendo os elétrons de seus estados ligados ao átomo), diz-se que é radiação ionizante. Caso contrário, fala-se de radiação não ionizante. O caráter ionizante ou não ionizante da radiação é independente de sua natureza corpuscular ou ondulatória.

Do ponto de vista metodológico, a proposta foi abordada por meio de uma metodologia qualitativa na caracterização do tema trabalhado por meio da aplicação de recursos virtuais como a plataforma Virtual Nucleating Project, de onde interage com cenários de aplicação de contexto. um fenômeno real que não pode ser percebido a olho nu e que é essencial para a compreensão dos elementos disciplinares de sua formação profissional

Palavras-Chave: Didática. Radiação ionizante. Ensino

1. Introducción

Los procesos de conocimiento en física se pueden comprender desde los contextos, los cuales permiten arraigar una serie de significados para la ocurrencia de los fenómenos, asumiendo que la didáctica de la física es una reflexión del sujeto que logra realizar al centrarse en la observación de un objeto y sus relaciones didácticas. En este sentido, Bautista (1998) afirma que: “...la perspectiva que

asume a la Física como un corpus de teorías, en la cual los criterios y los procedimientos ya han sido producidos y por lo tanto no se cuestionan, cuando se asume la física como la actividad de conocer al “mundo físico” el objeto y los criterios de validez no se pueden considerar como ya dados o resueltos” (p. 8). Tal planteamiento conduce a la necesidad de preguntarse por la construcción de explicaciones de los fenómenos, con la finalidad de encontrarle el

“sentido” a la actividad de conocer, el cual determina el eje central del objeto de conocimiento.

En este sentido, la enseñanza de la física básica aplicada a escenarios de salud, como lo es la radiología fundamenta una serie de situaciones, en donde se puede destacar que el fenómeno físico proporciona los elementos esenciales para la interpretación y la formalización de estructuras conceptuales en donde se analicen las posibilidades de la aplicación de la formalización y la interpretación al mismo tiempo, con el fin de generar procesos de acercamiento al conocimiento desde todas las esferas del conocimiento científico.

La radiación se ha definido como uno de los conceptos esenciales en el conocimiento de los fenómenos físicos aplicados, en el entorno natural, el hombre siempre ha estado expuesto a formas de energía que se configuran como radiación, de las cuales, la ionizante se ha caracterizado por ser producida de manera artificial y su exposición puede ser nociva.

Cuando la energía de la radiación resulta superior a la necesaria para crear pares de iones (iones positivos y negativos) donde antes hubo uno o varios átomos, se dice que tal radiación es ionizante. Las radiaciones que no alcanzan estos valores de energía se dice que son no ionizantes. Las radiaciones ionizantes incluyen, además de radiación electromagnética, la radiación de partículas proveniente de los núcleos radiactivos, mientras que las no ionizantes siempre son radiaciones electromagnéticas. Las radiaciones ionizantes se suelen describir por su energía; la unidad que se utiliza para medir la energía es el electrón-voltio (eV) definida como la energía que gana un electrón al atravesar una diferencia de potencial de 1 voltio; la energía necesaria para producir ionización es de unos 10-12 eV. Las radiaciones no ionizantes por su parte, debido a su naturaleza siempre ondulatoria, se suelen caracterizar por otros dos parámetros, la longitud de onda y la frecuencia.

2. Marco de Referencia

Cuando se presenta el concepto de «radiación», siempre se asocia con la propagación de energía a través del medio. Si la energía de la radiación alcanza los límites capaces de generar iones en el medio a través del cual se propaga, se denomina ionizante. Según su origen, la radiación ionizante puede provenir de los materiales radiactivos, ya sea de origen natural o artificial, que emiten radiaciones ionizantes de forma autónoma y de los dispositivos que generan radiación, por un período de tiempo determinado, mientras que estén conectados a la electricidad. De acuerdo con los griegos, los elementos químicos están formados por átomos, el concepto de «átomo» se refiere al elemento de la materia más pequeño que podía concebirse, sin embargo, los átomos están formados por el núcleo y electrones que giran en órbitas a su alrededor. En 1919, Rutherford probó, que, a su vez, el núcleo estaba formado por protones, partículas de carga positiva y en 1932 James Chadwick descubrió en el núcleo otras partículas, los neutrones, que carecen de carga eléctrica. En cualquier átomo, el número de protones es igual al número de electrones. Los isótopos son átomos del mismo elemento (es decir, con el mismo número de protones) que tienen diferente número de neutrones. El proceso de emisión de radiaciones ionizantes por parte de un isótopo radiactivo, se conoce con el nombre de desintegración radiactiva y la misma consiste en la transformación del isótopo radiactivo inicial en otro isótopo diferente. Mientras mayor sea la cantidad de desintegraciones que sufre el isótopo radiactivo en un período de tiempo determinado se dice que mayor es su actividad. La actividad de un isótopo radiactivo (radioisótopo) disminuye con el transcurso del tiempo; el tiempo para el cual la actividad disminuye a su mitad se conoce como el período de semidesintegración. Este parámetro es característico de cada radioisótopo y puede ser desde segundos hasta miles de años (por ejemplo, en el caso del Cobalto-60 este valor es de 5,26 años). Por lo general la utilización práctica de los isótopos radiactivos requiere de un procesamiento industrial previo para su acondicionamiento desde el punto de vista de pureza, actividad y contención. Aquellos

isótopos radiactivos contenidos en una cápsula metálica sellada capaz de soportar determinadas condiciones de trabajo sin sufrir daños o derrames, se nombran fuentes radiactivas selladas. Este tipo de fuente no presenta riesgo de contaminación radiactiva a menos que se rompa el encapsulado, por lo que una persona recibirá radiaciones solo mientras se encuentre en las cercanías de la fuente. Por el contrario, cuando el isótopo radiactivo no se mantiene encapsulado se nombra fuente radiactiva no sellada. Si la manipulación de este tipo de fuente se realiza por personas que no están debidamente capacitadas para ello puede ocurrir la contaminación radiactiva de las mismas.

Las radiaciones ionizantes pueden presentarse en diversas formas, atendiendo a sus características físicas y sus propiedades. Dentro de los tipos de radiaciones ionizantes conocidos, los más importantes se relacionan a continuación: Radiación alfa: Son partículas con carga eléctrica positiva que pueden ser fácilmente interceptadas o retenidas por una hoja de papel o la piel; Radiación beta: Son electrones y tienen más poder penetrante que las partículas alfa, pero pueden ser retenidas por capas delgadas de agua, vidrio o metal; Radiación gamma y rayos X: Son radiaciones electromagnéticas de naturaleza similar a las ondas luminosas y de radio, pero portadoras de una energía mayor. Son rayos muy penetrantes y para interceptarlos se requieren materiales de blindaje pesados, como el plomo o el hormigón; Neutrones: Son partículas sin carga eléctrica y tienen un gran poder de penetración. No producen ionización de manera directa, pero al interactuar con los átomos pueden generar radiación alfa, beta, gamma o X, que si son ionizantes. Se habla entonces de que son «indirectamente ionizantes». Para interceptar los neutrones se utilizan fundamentalmente la parafina, el agua y el hormigón. La Figura 11 ilustra los tipos de radiación antes mencionados y permite comprender de una manera sencilla lo relacionado con su penetrabilidad.

Las radiaciones ionizantes, contrariamente a lo que se puede pensar, no son producidas únicamente

como consecuencia de la actividad humana. Mucho antes del descubrimiento de la radiactividad por el hombre existían materiales radiactivos naturales, los cuales están presentes en el entorno (en la Tierra, los cuerpos celestes y el Universo como un todo) desde su origen. La Tierra incluye entre los elementos que la conforman varios elementos radiactivos de origen natural y al mismo tiempo está siendo «bombardeada» de modo permanente y fluctuante por diversos tipos de radiaciones ionizantes procedentes de otras partes del Universo. La radiación presente en el planeta por estas causas se ha denominado radiación natural. A partir de las causas que originan las distintas manifestaciones de la radiación natural se dice que la radiación natural puede ser de origen terrestre o de origen cósmico. La radiación de origen terrestre está asociada, como se ha visto, a la presencia de materiales radiactivos en las estructuras de los diferentes objetos y organismos que componen el planeta. Las rocas, las aguas, los organismos vivos incluyendo al hombre contienen materiales radiactivos naturales de origen terrestre. A la radiación de origen cósmico pertenecen los llamados rayos cósmicos conformados por partículas procedentes del espacio exterior que tienen una energía elevada debido a su gran velocidad. Por último, debe decirse que, además de los materiales radiactivos naturales, en el entorno terrestre existen en la actualidad materiales radiactivos cuyo origen no es natural, sino que han aparecido o acumulado en el medio ambiente como resultado de la acción del hombre.

La actividad humana que más ha influido en dicha acumulación ha sido la realización, en forma indiscriminada, de ensayos nucleares en la atmósfera. Si bien algunos isótopos radiactivos están presentes en la naturaleza desde la creación del universo otros, por ejemplo, el Cobalto-60 son producidos artificialmente por el hombre. Existen varios mecanismos para la producción de estos radioisótopos artificiales. Uno de los más usuales consiste en bombardear determinado isótopo no radiactivo con algunos de los tipos fundamentales de radiaciones ionizantes mencionados anteriormente de manera tal que ocurren

alteraciones en el núcleo de los átomos del isótopo no radiactivo que provocan que el mismo se transforme en un isótopo radiactivo. Este mecanismo se conoce con el nombre de reacción nuclear de activación. El descubrimiento de las radiaciones ionizantes por el hombre tiene su punto de partida en los experimentos realizados en 1895, hace ya más de cien años, por el físico alemán Wilhelm Konrad Roëntgen. En el curso de sus experimentos, realizando descargas eléctricas a través de tubos que contenían gases enrarecidos, Roëntgen detectó la emisión de unos rayos penetrantes con capacidad de dejar huellas en una placa fotográfica luego de atravesar materiales opacos a los que llamó, por su carácter desconocido, rayos X. Al año siguiente el físico francés Henri Becquerel logra demostrar que rayos de naturaleza similar a los observados por Roëntgen eran emitidos de manera espontánea y continua por ciertas sustancias, con los que trabajaba, que contenían uranio. Con este acontecimiento científico, el hombre había descubierto la propiedad de algunos materiales de emitir radiaciones, fenómeno al cual con posterioridad la física de origen polaco Marie Curie dio en llamar radiactividad. A su vez Marie Curie, junto a su esposo el físico francés Pierre Curie, identifican que el torio, el radio y el polonio también son capaces de emitir radiaciones de modo espontáneo ampliando el espectro de materiales radiactivos.

Al mismo tiempo, Ernest Rutherford, físico británico considerado el fundador de la Física Nuclear, descubre en 1899 los rayos alfa y beta y la existencia de un nuevo elemento radiactivo, el radón. En 1900 Villard descubría los rayos gamma. Estos hechos, unidos a otros numerosos descubrimientos y experimentos desarrollados a finales del siglo XIX e inicios del siglo XX, creaban la necesidad de que apareciese todo un sistema teórico que permitiese explicar los nuevos fenómenos observados. Los nombres de Rutherford, del danés Niels Bohr y de los alemanes Max Planck y Albert Einstein entre otros, aparecen como los gestores de toda una nueva interpretación física de los procesos atómicos.

3. Metodología

En esta perspectiva para el desarrollo de las actividades de trabajo en el aula de clase con los estudiantes de la asignatura Física Básica de Tecnología en Radiología e Imágenes Diagnósticas se aplicó el recurso virtual diseñado para la participación en Nucleando, el cual tenía un contexto teórico que mostraba las características y conceptualizaciones de la temática de radiación ionizante, al igual se presentaba el contexto de tipos de radiaciones y cómo se realiza la formación de imágenes en el proceso de diagnóstico.

El Curso Nucleando Virtual Colombia año 2020 fue una iniciativa de la red LANENT que buscaba el fomento de la enseñanza de aspectos nucleares de la ciencia.

4. Resultados

En esta perspectiva desde lo cualitativo para el desarrollo de las actividades de trabajo en el aula de clase con los estudiantes de la asignatura Física Básica de Tecnología en Radiología e Imágenes Diagnósticas se aplicó el recurso virtual diseñado para la participación en Nucleando, el cual tenía un contexto teórico que mostraba las características y conceptualizaciones de la temática de radiación ionizante, empleando recursos multimedia que acercaban a los estudiantes a la realidad de la comprensión de las imágenes de la radiación al igual se presentaba el contexto de tipos de radiaciones y cómo se realiza la formación de imágenes en el proceso de diagnóstico.



FIGURA 1. Imagen video radiación ionizante mostrado a los estudiantes en las sesiones de clase.

Los estudiantes interactuaban con el recurso a través de simulaciones interactivas que mostraban de una forma concreta el acercamiento al concepto de resonancia magnética (RM), el cual se desarrollaba desde la interacción y revisión de los acercamientos previos en los cursos anteriores de física.

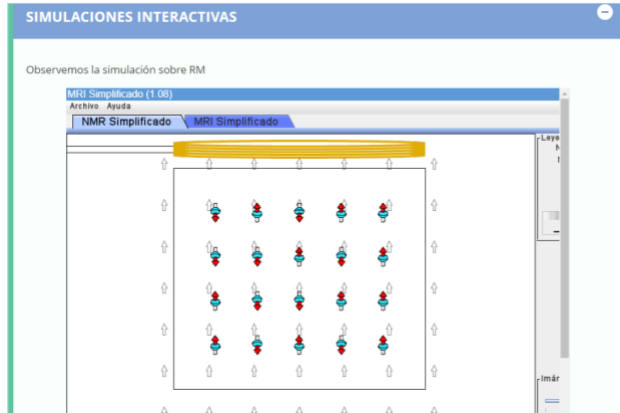


FIGURA 2. Imagen simulación realizada por los estudiantes en las sesiones de clase.

En las situaciones presentadas a los estudiantes durante las sesiones de clase se encontró que la interacción con este tipo de recursos digitales permite que la apropiación de los conceptos aplicados a los contextos de radiología como es el caso de la aplicación de la radiación ionizante en la explicación de la formación de los rayos X, vital para la comprensión de los fenómenos físicos en la formación de imágenes radiológicas.

Preguntarse por la comprensión de los fenómenos resulta importante para los estudiantes, no solo en relación con los conceptos sino en la interpretación de imágenes, que dan cuenta de las habilidades de análisis y comprensión científica a través de los signos y representaciones que subyacen en el lenguaje simbólico que les permite apropiarse de significados de la teoría atómica.

5. Conclusiones y/o consideraciones finales

En el análisis de fenómenos físicos, un aspecto esencial es abordar problemas del contexto, pues no solo presenta una posibilidad de trabajo a los docentes de física, pues se generan

procesos de formalización caracterizados por la comprensión del fenómeno y sus factores de ocurrencia, sino que aporta al desarrollo de capacidades cognitivas al valorar y explorar un fenómeno que no se percibe directamente.

Al mismo tiempo, el acercamiento a los enfoques de conocimiento desarrollados en este tipo de escenarios didácticos, fomenta la motivación y creatividad en las ciencias físicas, aporta a la formalización matemática y contribuye de manera significativa a dar contextos a los fenómenos de la física.

6. Referencias

- Ayestarán, I., García, A. (2010) Filosofía de la naturaleza y la sostenibilidad: un conocimiento renovado para el siglo XXI. En: Eikasía. *Revista de Filosofía*, año VI: 35
- Capra, F. (2000). *El Tao de la Física*, Málaga: España, Editorial Sirio, p. 141.
- Daros, W. (sf). El conocimiento científico. En: <https://williamdaros.files.wordpress.com/2009/08/w-r-daros-teoria-del-metodo-en-popper.pdf> recuperada el 12 - 08 - 2016.
- Harlen, W. (2007) *Enseñanza y aprendizaje de las ciencias*. Madrid, España: Ediciones Morata.
- Mach, E. (1948). *Conocimiento y error*. Buenos Aires, Argentina: Ediciones Espasa - Calpe.
- Nieto, M (sf). *Historia de la Ciencia*. Disponible en: <https://historiadelaciencia-mnieto.uniandes.edu.co/pdf/ISAACNEWTON.pdf>

PROPUESTA METODOLÓGICA EN LA CINEMÁTICA APLICANDO LA ESTRATEGIA REMSI

METHODOLOGICAL PROPOSAL IN KINEMATICS APPLYING THE REMSI STRATEGY

PROPOSTA METODOLÓGICA EM CINEMÁTICA APLICANDO A ESTRATEGIA REMSI

Sergio David López Gualdron *^{id}, Rafael Ramón Rey González **^{id}

López S, Rey R. (2023). Propuesta metodológica en la cinemática aplicando la estrategia REMSI. *Góndola, Enseñanza y Aprendizaje de las Ciencias*, Número especial, v18, pp.1-17

Resumen

En la enseñanza de la física, se recurre frecuentemente a la disposición de problemas o fenómenos que se presuponen cercanos al contexto del estudiante para generar una relación entre la teoría y la práctica. Sin embargo, en su gran mayoría, solo se resuelven de forma analítica, asumiendo un patrón repetitivo de pasos o normas con una faceta mecánica, lo que se conoce como "modelo de enseñanza tradicional". Esto limita la capacidad de análisis del estudiante con los problemas teóricos abordados en clase. Además, el desarrollo de prácticas de laboratorio es baja, restringiendo al estudiante de la realidad del fenómeno. No existe una verdadera correspondencia entre la interpretación, modelación y análisis de la situación, que puede conllevar a un aprendizaje significativo limitado o nulo. Esto deja un gran vacío, no se están desarrollando habilidades de pensamiento de alto nivel, como proponer, argumentar o explicar en otro contexto diferente al de la clase. Con el fin de abordar esta problemática se plantea una estrategia didáctica incorporando aspectos experimentales o de realidad (RE), de modelación (M) y de simulación (SI), conocida como REMSI. Su objetivo es promover el desarrollo de habilidades de pensamiento crítico y científico, permitiendo al estudiante alcanzar un aprendizaje significativo. Se aplica el método de investigación-acción y cuantitativo experimental con estudiantes de secundaria de grado décimo en un colegio privado de Bogotá. Para evaluar la metodología, se realizó un análisis con estadística inferencial utilizando un test con preguntas estandarizadas sobre el movimiento rectilíneo uniforme (MRU) y el movimiento uniformemente acelerado (MRUA). Los resultados obtenidos mostraron un valor de coeficiente g de Hedges en un nivel alto, lo cual respalda la viabilidad de la propuesta.

Palabras-Clave: Actividades dirigidas, aprendizaje por experiencia, ciencias de la educación, construcción de modelos.

* Especialista en Bioingeniería, Universidad Nacional de Colombia, sede Bogotá, Facultad de Ciencias, Área Curricular de Formación en Ciencias, Grupo de Óptica e Información Cuántica, Ciudad Universitaria, 111321, Bogotá D.C., Colombia. slopezgu@unal.edu.co, ORCID <https://orcid.org/0000-0001-9127-0337>

** Físico, Doutor em Ciências. Universidad Nacional de Colombia, sede Bogotá, Facultad de Ciencias, Área Curricular de Formación en Ciencias, Grupo de Óptica e Información Cuántica, Ciudad Universitaria, 111321, Bogotá D.C., Colombia. rreyeg@unal.edu.co, ORCID <https://orcid.org/0000-0002-2922-007X>

Abstract

In the teaching of physics, the use of problems or phenomena that are assumed to be close to the student's context is frequently employed to generate a relationship between theory and practice. However, for the most part, these problems are only solved analytically, assuming a repetitive pattern of steps or rules with a mechanical aspect, known as the "traditional teaching model." This limits the student's capacity for analysis with the theoretical problems addressed in class. Additionally, there is limited development of laboratory practices, which restricts the student from experiencing the reality of the phenomenon. There is no true correspondence between the interpretation, modeling, and analysis of the situation, which can result in limited or no meaningful learning. This leaves a significant gap, as higher-level thinking skills such as proposing, arguing, or explaining in a different context from the classroom are not being developed. In order to address this issue, a didactic strategy incorporating experimental or real-world aspects (RE), modeling (M), and simulation (SI) known as REMSI is proposed. Its objective is to promote the development of critical and scientific thinking skills, allowing students to achieve meaningful learning. The research-action and experimental quantitative methods were applied with tenth-grade high school students in a private school in Bogotá. To evaluate the methodology, an analysis using inferential statistics was conducted, using a test with standardized questions about uniform rectilinear motion (URM) and uniformly accelerated motion (UAM). The results obtained showed a high-level Hedges' g coefficient value, which supports the feasibility of the proposal.

Keywords: Directed activities, experiential learning, educational sciences, model construction.

Resumo

No ensino da física, frequentemente recorre-se à apresentação de problemas ou fenômenos que se presumem próximos ao contexto do aluno, a fim de gerar uma relação entre a teoria e a prática. No entanto, na sua grande maioria, esses problemas são resolvidos apenas de forma analítica, assumindo um padrão repetitivo de etapas ou regras com uma abordagem mecânica, conhecido como "modelo de ensino tradicional". Isso limita a capacidade de análise do aluno com os problemas teóricos abordados em sala de aula. Além disso, o desenvolvimento de práticas laboratoriais é baixo, restringindo o aluno à realidade do fenômeno. Não há uma verdadeira correspondência entre a interpretação, modelagem e análise da situação, o que pode levar a uma aprendizagem significativa limitada ou nula. Isso deixa uma grande lacuna, pois habilidades de pensamento de alto nível, como propor, argumentar ou explicar em um contexto diferente da sala de aula, não estão sendo desenvolvidas. Com o objetivo de abordar essa problemática, propõe-se uma estratégia didática incorporando aspectos experimentais ou da realidade (RE), modelagem (M) e simulação (SI), conhecida como REMSI. Seu objetivo é promover o desenvolvimento de habilidades de pensamento crítico e científico, permitindo ao aluno alcançar uma aprendizagem significativa. O método de pesquisa-ação e o método experimental quantitativo foram aplicados com alunos do décimo ano do ensino médio em uma escola privada em Bogotá. Para avaliar a metodologia, foi realizada uma análise com estatística inferencial, utilizando um teste com perguntas padronizadas sobre movimento retilíneo

uniforme (MRU) e movimento uniformemente acelerado (MUA). Os resultados obtidos mostraram um valor de coeficiente g de Hedges em um nível alto, o que respalda a viabilidade da proposta.

Palavras-Chave: Atividades direcionadas, aprendizagem por experiência, ciências da educação, construção de modelos

1. Introducción

En la enseñanza de la física, existe una mentalidad y disposición por parte de un número importante de docentes para continuar con el proceso de enseñanza repetitivo "tradicional", ya que fueron educados bajo una estrategia en su mayoría memorística. La disposición de prácticas de laboratorio es muy limitada debido al interés del docente, asumiendo que la teoría es más fácil que la práctica. Sin embargo, a los estudiantes se les exige derivar conclusiones para algunos fenómenos o comprender cómo se construyen explicaciones sobre el mundo natural. Si el estudiante nunca ha pasado por un proceso de enseñanza que le permita adquirir las competencias del conocimiento científico, es muy difícil que lo logre. Esto se demuestra en el último informe de resultados de la prueba Saber 11 realizada en 2021 (Ministerio de Educación Nacional, 2022), donde se observa que el promedio del puntaje en el área de ciencias naturales ha disminuido casi un punto por año y aproximadamente el 75% de los estudiantes se encuentra en los niveles más bajos de desempeño.

Por otro lado, la verdadera esencia del proceso de enseñanza-aprendizaje es lograr un aprendizaje significativo. Aunque, la prueba estandarizada no mida completamente todas sus características, sí permite verificar cómo los estudiantes resuelven problemas en diferentes contextos. Según el marco conceptual de las pruebas Saber 11, estas buscan medir i) el uso comprensivo del conocimiento científico, ii) la explicación de fenómenos y iii) la capacidad de indagación, (Icfes, 2019). No obstante, los bajos resultados en estas pruebas señalan que los estudiantes no encuentran una asociación entre la teoría y la realidad, no hay una apropiación del

conocimiento, ni desarrollo de las competencias relevantes asociadas con estos propósitos.

Para lograr esto adecuadamente, el estudiante debe construir su propio aprendizaje, ajustando y reconstruyendo sus conocimientos con su experiencia, es decir, se deben poner en práctica muchos procesos cognitivos con diferentes niveles de apropiación y hacer uso de varias habilidades de pensamiento en su proceso. Todo esto no está contemplado en un modelo tradicionalista o memorístico.

En la mayoría de los modelos de enseñanza, se utilizan con frecuencia las evaluaciones sumativas para verificar si los estudiantes han adquirido los desempeños propuestos para dicho aprendizaje. Es muy común que los estudiantes soliciten disponer de las ecuaciones que rigen este principio en la prueba, y el docente accede argumentando que no está evaluando la memoria sino una habilidad. Durante la prueba del Icfes también se dispone de las ecuaciones en el enunciado de cada pregunta, dado que se utiliza un modelo estandarizado para evaluar cuatro componentes y tres competencias. Esta prueba no pretende medir capacidades memorísticas. Así, se ha normalizado la entrega de las ecuaciones en la gran mayoría de las evaluaciones sumativas, aún sin solicitud por parte de los estudiantes.

Al disponer las ecuaciones en una prueba, se está priorizando la competencia de uso comprensivo del conocimiento científico, donde el estudiante utiliza nociones, conceptos y teorías de las ciencias naturales para resolver problemas de manera metódica, poniendo en práctica varias habilidades que en su mayoría son mecánicas. Sin embargo, en muchas ocasiones no se conoce el trasfondo o

incluso el concepto que se está enseñando, y el estudiante se limita a inferir un resultado utilizando reglas matemáticas.

Otra competencia evaluada por esta entidad es la explicación de fenómenos, que incluye tres habilidades de pensamiento: analizar, explicar y modelar fenómenos de la naturaleza basados en el análisis de variables. Esta competencia quizás es la que menos se está desarrollando en las aulas de clase, precisamente porque el estudiante no está modelando un fenómeno, no comprende cómo se obtienen las ecuaciones y no conoce el principio o ley subyacente. Le resulta muy difícil analizar y, sobre todo, explicar un fenómeno si solo sigue un proceso mecánico. Por lo tanto, existe un vacío importante en la propuesta metodológica implementada en el aula respecto a las pruebas Saber 11.

Con el fin de abordar la inquietud anterior, se plantea una propuesta metodológica centrada directamente en la enseñanza integral de la física incorporando aspectos experimentales (Realidad, RE), teóricos (Modelación, M) y computacionales (Simulación, SI), denominada como estrategia REMSI. Esta estrategia busca un aprendizaje significativo que desarrolle un pensamiento científico a través del fortalecimiento de la capacidad de indagación, de la explicación de fenómenos y el uso comprensivo del conocimiento, a su vez que le permita a los actuales estudiantes de básica secundaria y media vocacional una futura inserción laboral exitosa, en un mundo dominado por altos desarrollos tecnológicos y disruptivos como la inteligencia artificial. En particular, se explora el estudio de la cinemática mediante esta estrategia en un grupo de estudiantes de grado 10.

2. Marco de referencia.

La estrategia REMSI incorpora aspectos experimentales (Realidad, RE), teóricos (Modelación, M) y computacionales (Simulación, SI). Propone una metodología con características y componentes del proceso de enseñanza-aprendizaje que permiten al estudiante adquirir un

aprendizaje activo. Al aplicar la estrategia, se espera que los estudiantes logren modelar el movimiento de una esfera en dos situaciones diferentes. La primera situación es cuando la esfera se desplaza en un plano horizontal, y la segunda es cuando se mueve en un plano inclinado, ejemplificando el movimiento rectilíneo uniforme (MRU) y el movimiento uniformemente acelerado (MRUA). A continuación, se describen los apartados llevados a cabo para realizar este proceso:

2.2. Diseño y construcción

Haciendo uso de un cronómetro "común", es muy difícil medir con precisión el tiempo que tarda la esfera en desplazarse una distancia muy corta. Los datos experimentales obtenidos no son muy precisos y presentan un alto margen de error. Por este motivo, se construyeron montajes experimentales para las prácticas seleccionadas utilizando materiales modulares con características uniformes. Estos materiales incluyen la superficie de desplazamiento, los sensores de tiempo y la esfera, tal como se observa en la Figura No. 1.



Figura 1. Sensores de tiempo, superficie de desplazamiento y esfera. **Fuente:** Elaboración propia

Los sensores pueden colocarse en cualquier parte de la superficie de desplazamiento, asegurándose de que se adhieran firmemente con velcro en la parte inferior para garantizar un contacto sólido entre los elementos. La esfera se desliza a través de una canaleta y cuenta con una cinta métrica interna que permite medir la distancia de separación entre los sensores. La esfera es sólida y está diseñada para resistir golpes en diferentes caídas sin sufrir daños. Los sensores de tiempo fueron diseñados con una

placa de Arduino que incluye una pantalla de lectura. Todas las conexiones están encapsuladas en una caja para crear un solo equipo y evitar daños durante la manipulación. Los sensores funcionan en el espectro infrarrojo y se activan cuando se interrumpe el haz de luz que emite el dispositivo. El primer sensor inicia el cronómetro y el segundo lo detiene, y la lectura se muestra automáticamente en la pantalla. No es necesario reiniciar el cronómetro para una nueva medición, ya que se detecta automáticamente al continuar la secuencia de interrupción de luz. El tiempo se registra en centésimas de segundo.

Se diseñaron un total de ocho montajes experimentales con las mismas dimensiones y características, teniendo en cuenta el número de estudiantes en cada grupo.

2.2. Material didáctico

Para desarrollar las prácticas experimentales, se crearon guías de laboratorio con el objetivo final de que los estudiantes modelen el comportamiento de la esfera en las dos situaciones propuestas. Estas guías se estructuran siguiendo la secuencia del desarrollo de habilidades de pensamiento y se alinean con la taxonomía de Bloom (Cemlad & Cahuana, s.f.). Los contenidos procedimentales buscan adquirir destrezas para acceder al conocimiento declarativo, es decir, habilidades cognitivas y metacognitivas (Insausti, 2000). La práctica se clasifica como inductiva (Milena et al., 2012), ya que a través de tareas bien estructuradas se guía paso a paso al estudiante en el desarrollo para modelar el comportamiento de un objeto.

La primera parte de la guía proporciona instrucciones detalladas sobre el uso de los elementos que componen el montaje experimental, con el apoyo de elementos visuales que facilitan la interpretación del funcionamiento de cada componente. Después de esto, los estudiantes realizan la medición de las principales variables involucradas, como el tiempo y la distancia de desplazamiento de la esfera, y registran los datos en

una tabla por grupos. Esta actividad representa el componente de realidad (RE) de la metodología REMSI, donde los estudiantes interactúan directamente con los elementos de estudio y miden las variables utilizando los instrumentos del montaje. Se dedica una sesión de hora y media en el laboratorio para llevar a cabo esta actividad, con un producto final de dos tablas de datos, una para cada superficie de desplazamiento.

En la segunda sesión, los estudiantes utilizan el espacio de la sala de sistemas del colegio. Primero, sistematizan los datos de la tabla correspondiente a la superficie horizontal en el software Excel. Luego, estiman el tiempo promedio para cada tramo y grafican los datos de distancia en función del tiempo, utilizando puntos, una línea de tendencia y una ecuación lineal en una transparencia. Para guiar a los estudiantes en este proceso, se diseñó una guía instruccional en un formulario de Forms, que incluye un video explicativo para cada paso. Al realizar estas actividades, se desarrollan habilidades de pensamiento cognitivas en el campo de conocimiento de la taxonomía de Bloom (Cemlad & Cahuana, s.f.), donde los estudiantes fortalecen habilidades para identificar, asociar, reproducir y ordenar los datos.

Una vez que se ha realizado el gráfico bajo esos parámetros, se refuerza una habilidad de pensamiento de mayor nivel, la comprensión, específicamente la interpretación de los resultados. Para ello, los estudiantes determinarán la pendiente de varios segmentos, siguiendo las instrucciones de otro video que explica el procedimiento en el software Excel. Luego, graficarán los resultados con las mismas características solicitadas anteriormente. En este proceso, se plantean una serie de preguntas orientadoras que conectan la información del gráfico con la experimentación. Cada pregunta tiene un objetivo específico y se presenta en un orden determinado para que los estudiantes interpreten, infieran y concluyan las características del movimiento.

Una vez concluida esta etapa, se plantean otro tipo de preguntas en las que se pide a los estudiantes que modifiquen las variables de la ecuación, teniendo en cuenta las conclusiones sintetizadas en el apartado anterior. En este punto, los estudiantes han descubierto que la pendiente se refiere a la velocidad y que su comportamiento tiende a un valor constante. Ahora se les solicita que reemplacen los términos para formular una relación entre las distintas variables. Se los guía con preguntas orientadoras para que descubran que la distancia es una variable dependiente, la velocidad es la pendiente, el punto de corte es la posición inicial y el tiempo es una variable independiente en una misma ecuación lineal proporcionada por el software. Es decir, estos valores adquieren sentido para los estudiantes. Este es el componente teórico de modelación (M) de la metodología REMSI, donde los estudiantes se encuentran en el tercer nivel jerárquico del desarrollo de habilidades de pensamiento según la taxonomía de Bloom, y son capaces de descubrir la relación entre las variables a través de un proceso metódico.

En la práctica experimental, se generan efectos que no pueden ser controlados en su totalidad, lo que hace que los datos sufran cambios significativos en la comprensión y aplicación del modelo. Esto se debe a la fricción u otros efectos técnicos o prácticos durante la experimentación. Es en este punto donde se incorpora el tercer componente de la metodología REMSI: la simulación (SI). Se agrega un enlace a la simulación (Vascak, s.f.) en el formulario, que funciona bajo el modelo teórico del movimiento rectilíneo uniforme (MRU) con condiciones ideales. Por lo tanto, las gráficas de posición, velocidad y aceleración son perfectas. Esto permite que los estudiantes comparen los resultados "prácticos" con las simulaciones virtuales "teóricas", descubriendo los elementos que influyen y que no se midieron. También les permite organizar y planificar la experiencia para una futura toma de datos, aplicando el cuarto nivel de habilidades de pensamiento: la síntesis. La simulación no solo permite eso, sino que también aclara la relación

entre las variables y facilita el análisis del desplazamiento de la esfera.

Finalmente, se incluye una sección para evaluar el modelo propuesto por el estudiante, formulando preguntas que implican predecir la posición y el tiempo de la esfera en situaciones posteriores al desplazamiento físico en la práctica experimental. Por ejemplo, se plantean preguntas como: "¿Qué posición tiene la esfera después de dos minutos si continúa con su movimiento constante?" o "¿Cuánto tiempo tarda la esfera en recorrer una distancia de dos metros?". Para el desarrollo de esta guía, se estima un tiempo de una hora y media, el mismo tiempo que se utilizó en la práctica experimental. Dado que solo están analizando el desplazamiento de la esfera en la superficie horizontal, es pertinente generar una tercera sesión para desarrollar otra guía con las mismas características de la metodología REMSI, pero modelando el desplazamiento de la esfera en la superficie inclinada. La diferencia significativa es que los estudiantes ya han desarrollado varias habilidades y deben volver a aplicarlas para reforzar su aprendizaje.

Este enfoque, sin duda alguna, fortalece todos los niveles de las habilidades de pensamiento científico y genera un aprendizaje más significativo. Se aleja del modelo tradicional e integra las competencias evaluadas. Por este motivo, la propuesta de la metodología REMSI en el área de la física es pionera en su desarrollo. Sus comienzos se basan en la aplicación del pensamiento lógico-matemático (Bravo et al., 2016) con muy buenos resultados, y ahora se desea aplicar a otra área de estudio, fortaleciendo las habilidades de pensamiento científico con elementos prácticos que permitan a los estudiantes relacionar la teoría con su contexto y, de esta forma, reforzar las competencias necesarias para la solución de problemas.

3. Metodología de investigación

La investigación se llevó a cabo en el colegio Agustiniانو Norte de Bogotá, que es de carácter privado y tiene una población de nivel socioeconómico medio. La muestra consistió en estudiantes de décimo grado con edades comprendidas entre 15 y 16 años. Se aplicó la metodología REMSI a dos cursos de ese grado, que se denominarán en adelante grupo experimental, mientras que otros dos cursos continuaron con el método tradicional, denominado grupo control. Cada curso consta de 25 estudiantes, lo que resulta en un total de 50 estudiantes en el grupo experimental y 50 estudiantes en el grupo control.

Con el fin de evaluar la metodología REMSI y validar si realmente genera un aprendizaje significativo, se elaboró un pre-test con preguntas estandarizadas tomadas directamente del banco de preguntas del Icfes (Prueba de Ciencias Naturales, 2018) para medir los conocimientos previos de los estudiantes en el estudio del movimiento rectilíneo uniforme (MRU) y el movimiento uniformemente acelerado (MRUA). Esto se hizo teniendo en cuenta que los estudiantes no comienzan su aprendizaje desde cero, sino que aportan sus experiencias y conocimientos previos al proceso de construcción de significados (Luz & Palmero, 2011). El pre-test se administró antes de llevar a cabo la metodología, es decir, antes de realizar la experiencia de laboratorio y las dos sesiones de análisis de datos. Después de la intervención, se evaluó nuevamente a los estudiantes modificando el orden de las preguntas y las opciones de respuesta, aplicando un pre-test y un pos-test, tanto al grupo experimental como al grupo de control.

El análisis propuesto con estos datos consiste en realizar un estudio inferencial, que permite comparar los resultados entre los grupos y establecer la viabilidad de la metodología para generar un aprendizaje significativo. Los datos del pre-test y del pos-test son cuantitativos continuos y se utilizó una escala de valoración de 0 a 5.

Para determinar el tipo de distribución y verificar si es paramétrica o no, se aplicará la prueba de Kolmogorov-Smirnov y Shapiro-Wilk utilizando el software IBM SPSS Statistics Base 25, siguiendo el manual de (Abdollahyan, 2019). Este análisis se realizará con muestras relacionadas (dentro del mismo grupo) e independientes (entre grupos diferentes), teniendo en cuenta las siguientes consideraciones:

- H_0 : los datos tienen una distribución normal.
- H_a : los datos no tienen una distribución normal. Si $p \leq \alpha$, se rechaza H_0 y se acepta H_a . Si $p > \alpha$, se acepta H_0 y se rechaza H_a . Donde α es la significancia.

Por otro lado, la prueba de Kolmogorov-Smirnov se utiliza para $n > 50$, mientras que la prueba Shapiro-Wilk se utiliza cuando $n \leq 50$ (Romero, 2016). Teniendo en cuenta la muestra de esta investigación, el resultado que determina el tipo de distribución será la prueba Shapiro-Wilk.

Para realizar el estudio estadístico inferencial, se tendrán en cuenta las recomendaciones abordadas en las pruebas estadísticas según los objetivos del estudio y la escala de medición de las variables, y se utilizará la prueba recomendada por (Flores-Ruiz et al., 2017). Estas pruebas también se llevarán a cabo utilizando SPSS Statistics Base 25 y se describen a continuación:

1. Si el comportamiento de la distribución es normal, se aplicará el análisis inferencial para muestras paramétricas, siguiendo el siguiente proceso:

- Se utilizará la prueba t de Student (intergrupales) con muestras relacionadas en el pre-test y el pos-test para determinar los cambios antes y después de la intervención.
- Se aplicará la prueba t de Student (intergrupales) para muestras

independientes y comparar los resultados entre los pos-test de cada grupo.

- Se utilizará un ANOVA para analizar las varianzas entre los grupos.
- Se calculará el factor de Hake (g) para determinar la ganancia de aprendizaje.

2. Si el comportamiento de la distribución no es normal, se aplicará el análisis inferencial para muestras no paramétricas, siguiendo el siguiente proceso:

- Se utilizará la prueba de Wilcoxon (intergrupales) con muestras relacionadas en el pre-test y pos-test para determinar los cambios antes y después de la intervención.
- Se empleará la prueba de Mann-Whitney (intergrupales) para muestras independientes y comparar los resultados entre los pos-test de cada grupo.
- Se utilizará el test de Kruskal-Wallis para analizar los rangos entre los grupos.
- Se calculará el factor g de Hedges para determinar la ganancia de aprendizaje.

Cada una de las pruebas descritas permitirá determinar el tamaño del efecto al aplicar la metodología REMSI.

4. Resultados

4.1. Resultados sesión 1

En la primera hora de la sesión número uno, los estudiantes del grupo experimental llevaron a cabo el montaje y la toma de datos de la superficie de desplazamiento horizontal, como se observa en la Figura 2. En la Figura 3 se puede apreciar el cumplimiento de la actividad por parte de uno de los grupos, registrando los datos obtenidos.

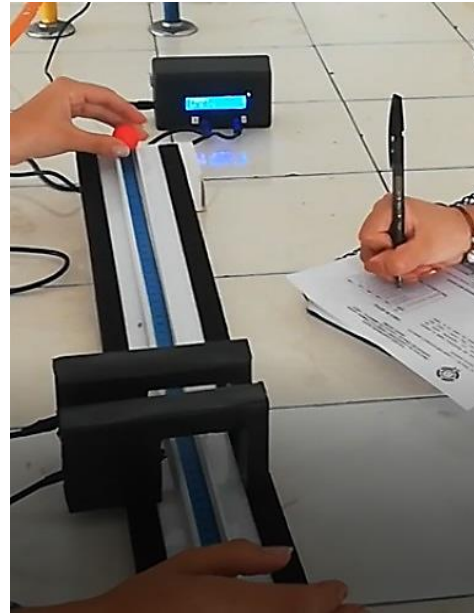


Figura 2. Montaje y toma de datos superficie horizontal. Fuente: Elaboración propia

d (cm)	t ₁ (s)	t ₂ (s)	t ₃ (s)	t ₄ (s)	t ₅ (s)
1	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09
2	0,12	0,13	0,12	0,12	0,12
3	0,15	0,15	0,15	0,16	0,15
4	0,19	0,19	0,19	0,19	0,18
5	0,22	0,22	0,23	0,23	0,22
6	0,25	0,25	0,26	0,25	0,25
7	0,28	0,29	0,28	0,29	0,30
8	0,31	0,30	0,30	0,31	0,31
9	0,35	0,35	0,35	0,35	0,34
10	0,37	0,37	0,37	0,37	0,38

Tabla de datos No. 1 Tiempo en un plano horizontal

Figura 3. Tabla de datos diligenciada por un grupo experimental en la superficie horizontal Fuente: Elaboración propia

En la segunda hora de la sesión número uno, los estudiantes del grupo experimental llevaron a cabo el montaje y la toma de datos de la superficie de desplazamiento inclinada, como se observa en la Figura 4. En la Figura 5 se puede apreciar el cumplimiento de la actividad por parte de uno de los grupos, registrando los datos obtenidos.

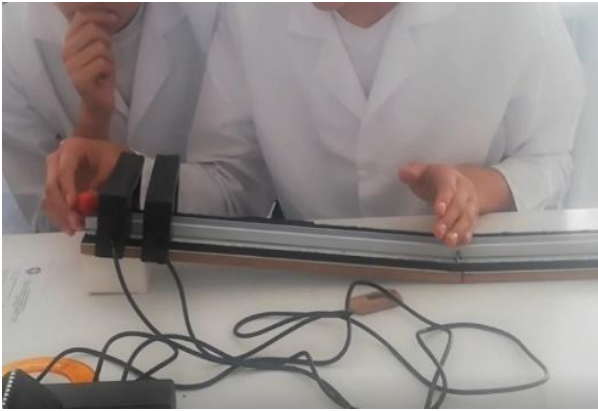


Figura 4. Montaje y toma de datos superficie inclinada.
Fuente: Elaboración propia

d (cm)	t ₁ (s)	t ₂ (s)	t ₃ (s)	t ₄ (s)	t ₅ (s)
1	0,11	0,11	0,11	0,11	0,11
2	0,16	0,15	0,15	0,15	0,15
3	0,19	0,18	0,18	0,19	0,18
4	0,21	0,22	0,21	0,20	0,21
5	0,25	0,25	0,25	0,24	0,25
6	0,28	0,29	0,28	0,29	0,29
7	0,32	0,32	0,32	0,33	0,32
8	0,36	0,36	0,35	0,35	0,35
9	0,38	0,38	0,38	0,39	0,38
10	0,43	0,43	0,43	0,43	0,43

Tabla de datos No. 2 Tiempo plano inclinado.

Figura 5. Tabla de datos diligenciada por un grupo experimental en la superficie inclinada. Fuente: Elaboración propia

4.2. Resultados sesión 2

En la segunda sesión, durante las dos horas de clase, los estudiantes se enfocaron en el análisis del comportamiento de la esfera en la superficie horizontal, siguiendo el proceso establecido en el formulario y llevándolo a cabo directamente en la sala de sistemas del colegio, como se muestra en la Figura 6.



Figura 6. Sesión número dos, análisis del comportamiento de la esfera en la superficie horizontal. Fuente: Elaboración propia

Una de las primeras actividades establecidas consistía en graficar los datos obtenidos durante la sesión experimental. Para ello, utilizaron el software Excel. En la Figura 7 se muestra un ejemplo de una gráfica de posición en función del tiempo, generada por uno de los grupos.

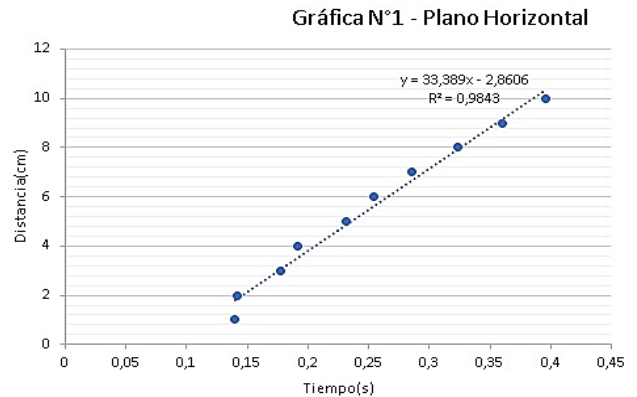


Figura 7. Gráfica de posición en función del tiempo del comportamiento de la esfera en la superficie horizontal. Fuente: Plataforma Teams, solución del formulario de la segunda sesión y elaborada por una pareja de estudiantes.

Otra actividad fundamental en la resolución del formulario es la elaboración de la gráfica de velocidad en función del tiempo. En la Figura 8 se

muestra un ejemplo de una de las gráficas obtenidas por uno de los grupos.

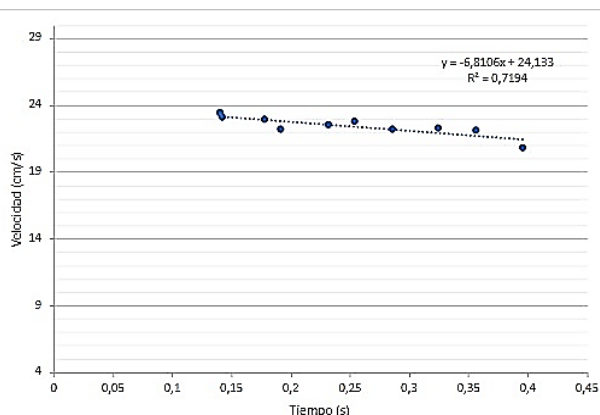


Figura 8. Gráfica de velocidad en función del tiempo del comportamiento de la esfera en la superficie horizontal. **Fuente:** Plataforma Teams, solución del formulario de la segunda sesión y elaborada por una pareja de estudiantes.

Después de completar cada uno de los pasos del formulario, los estudiantes debían concluir respondiendo algunas preguntas clave. En la Figura 9 se pueden observar algunas de las respuestas registradas por los estudiantes.

CONCLUSIONES

Responda las siguientes preguntas:

✓ **Correcto** 8/8 Puntos

18

¿Qué significa la pendiente o razón de cambio en este experimento? *

La velocidad de la canica; a medida que la distancia aumenta, teniendo en cuenta el aumento del tiempo.

✓ **Correcto** 8/8 Puntos

19

¿Qué tipo de movimiento realiza la esfera en este experimento? *

Movimiento rectilíneo uniformemente (MRU).

✓ **Correcto** 8/8 Puntos

20

¿Qué características tiene el movimiento de la esfera? *

Tiene velocidad constante, se genera sobre una línea recta.

✓ **Correcto** 8/8 Puntos

21

¿Cuál es la ecuación general de un movimiento de este tipo? *

$Xf = Xi + V \cdot t$

Figura 9. Respuestas de los estudiantes en el ítem de conclusiones del comportamiento de la esfera en la superficie horizontal. **Fuente:** Plataforma Teams, solución ítem conclusiones del formulario en la segunda sesión

4.3. Resultados sesión 3

En la tercera sesión, durante las dos horas de clase, los estudiantes se enfocaron en el análisis del comportamiento de la esfera en la superficie inclinada, siguiendo el proceso establecido en otro

formulario y utilizando la sala de sistemas del colegio. Una parte de esta actividad consistió en graficar los datos obtenidos en la sesión experimental utilizando el software Excel. En la Figura 10 se muestra una de las gráficas de velocidad en función del tiempo obtenida por uno de los grupos.

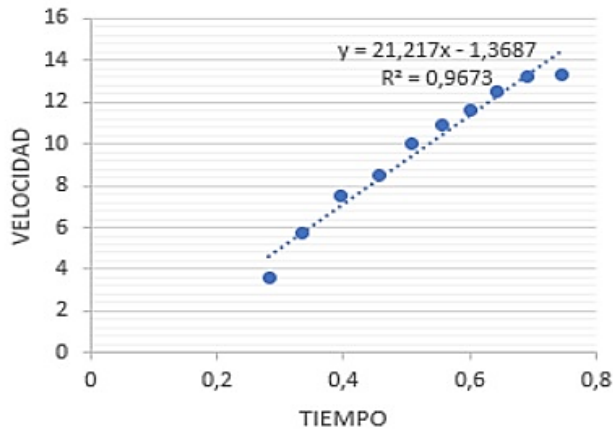


Figura 10. Gráfica de velocidad en función del tiempo del comportamiento de la esfera en la superficie inclinada. **Fuente:** Plataforma Teams, solución del formulario de la tercera sesión y elaborada por una pareja de estudiantes.

Después de completar todos los pasos del segundo formulario, los estudiantes tenían que concluir respondiendo algunas preguntas clave. En la Figura 11 se pueden observar algunas de las respuestas registradas por los estudiantes.

CONCLUSIONES

Responda las siguientes preguntas:

13

¿Qué significa la pendiente o razón de cambio en este experimento? *

Significa que el valor de la pendiente es la propia aceleración. Por lo tanto, a mayor pendiente de la recta, mayor aceleración posee el cuerpo (aceleración positiva) y a menor pendiente de la recta, menor aceleración tendrá el cuerpo (aceleración negativa).

14

¿Qué tipo de movimiento realiza la esfera en este experimento? *

Movimiento rectilíneo uniformemente acelerado o variado (M.R.U.A)

15

¿Qué características tiene el movimiento de la esfera? *

La aceleración siempre es constante. - La velocidad se incrementa en la misma proporción por cada intervalo de tiempo. - La trayectoria es una línea recta. - El espacio recorrido en un intervalo de tiempo siempre es mayor que en el intervalo anterior.

16

¿Cuál es la ecuación general de un movimiento de este tipo? *

la ecuación general es $V_f = V_i + at$ pero existen otras ecuaciones como: $V_f^2 = V_i^2 + 2ad$
 $D = (V_f + V_i/2) * t$ $V_f = V_i + at$ $a = (V_f - V_i)/t$ $t = (V_f - V_i)/a$

Figura 11. Respuestas de los estudiantes en el ítem de conclusiones del comportamiento de la esfera en la superficie inclinada. **Fuente:** Plataforma Teams, solución ítem conclusiones del formulario en la tercera sesión.

4.4. Resultados análisis de distribución

En la Tabla 1 se observa el análisis de la prueba de Kolmogorov-Smirnov y Shapiro-Wilk para realizar el análisis de muestras relacionadas de los cuestionarios del pre-test y del pos-test del grupo experimental determinado por el software IBM SPSS. Obteniendo un $p > 0,05$ para las notas del pre-test, aceptando H_0 es decir, su distribución es normal, para el pos-test se obtuvo un $p < 0,05$ aceptando H_a es decir, no tiene una distribución

normal. Las dos distribuciones deben ser normales y en este caso solo existe una de ellas. Los datos muestran que es necesario realizar un análisis inferencial para distribuciones no paramétricas aplicando la prueba de Wilcoxon (intergrupales) para muestras relacionadas y comparar los resultados.

Tabla 1. Prueba de normalidad para el grupo experimental

	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
	Est.	gl	Sig.	Est.	gl	Sig.
Pre-test	,192	50	,000	,937	50	,010
Pos-test	,163	50	,002	,916	50	,002

a. Corrección de la significación de Lilliefors

Prueba de normalidad Kolmogorov-Smirnov y Shapiro-Wilk con el software IBM SPSS Statistics Base 25 aplicada a los test (pre y pos) del grupo experimental

En la Tabla 2 se observa el análisis de la prueba de Kolmogorov-Smirnov y Shapiro-Wilk para realizar el análisis de muestras relacionadas de las pruebas (pre y pos) del grupo control determinado por el software IBM SPSS. Obteniendo un $p < 0,05$ para las notas del pre-test, aceptando H_a es decir, su distribución no es normal, para el pos-test se obtuvo un $p \leq 0,05$ aceptando H_a es decir, no tiene una distribución normal. Los datos muestran que es necesario realizar un análisis inferencial para distribuciones no paramétricas aplicando la prueba de Wilcoxon (intergrupales) para muestras relacionadas y comparar los resultados.

Tabla 2. Prueba de normalidad del grupo control

	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
	Est.	gl	Sig.	Est.	gl	Sig.
Pre-test	,210	50	,000	,925	50	,004
Pos-test	,200	50	,000	,929	50	,005

a. Corrección de la significación de Lilliefors

Prueba de normalidad Kolmogorov-Smirnov y Shapiro-Wilk con el software IBM SPSS Statistics Base 25 aplicada al pre-test y pos-test del grupo control

En la Tabla 3 se observa el análisis de la prueba de Kolmogorov-Smirnov y Shapiro-Wilk para realizar el análisis de muestras independiente del cuestionario pos-test del grupo control y experimental determinado por el software IBM SPSS. Obteniendo un $p \leq 0,05$ para las notas del grupo control aceptando H_a es decir, su distribución no es normal, para el grupo experimental se obtuvo un $p < 0,05$ aceptando H_a es decir, no tiene una distribución normal. Los datos muestran que es necesario realizar un análisis inferencial para distribuciones no paramétricas aplicando la prueba de Mann-Whitney (intergrupales) para muestras independientes y comparar los resultados entre los pos-test de cada grupo.

Tabla 3. Prueba de normalidad

	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
	Est.	gl	Sig.	Est.	gl	Sig.
Pos-test grupo experimental	,163	50	,002	,916	50	,002
Pos-test grupo control	,200	50	,000	,929	50	,005

a. Corrección de la significación de Lilliefors

Prueba de normalidad Kolmogorov-Smirnov y Shapiro-Wilk con el software IBM SPSS Statistics Base 25 aplicada al pos-test del grupo control y experimental.

4.5. Resultados prueba de Wilcoxon (intergrupales) de grupo experimental y control

Este análisis de va a realizar con muestras relacionadas (el mismo grupo) entre el pre-test y pos-test e independiente (grupos diferentes experimental y control) teniendo en cuenta las siguientes consideraciones:

- H_0 : No hay cambios significativos después de la intervención
- H_a : Si hay cambios significativos después de la intervención
- Si $p \leq 0,05$ se rechaza H_0 y se acepta H_a

- Si $p > 0,05$ se acepta H_0 y se rechaza H_a

En la Tabla 4 se observa que para el grupo experimental se obtuvo un valor $p \leq 0,05$ evidenciando que sí que existen diferencias estadísticamente significativas entre los resultados obtenidos después de la intervención con la metodología REMSI, mientras para el grupo control $p > 0,05$ donde se refleja que no hubo un cambio significativo al realizar una intervención tradicional

Tabla 4. Estadístico de Wilcoxon

	Pos-test y Pre-test grupo experimental	Pos-test y Pre-test grupo control
Z	-5,165 ^b	-,418 ^c
Sig. asintót. (bilateral)	,000	,676

- Prueba de los rangos con signo de Wilcoxon
- Basado en los rangos negativos.
- Basado en los rangos positivos.

Estadístico de contraste Wilcoxon con el software IBM SPSS Statistics Base 25 aplicada al pre-test y pos-test del grupo control y experimental.

4.6. Resultados prueba de Mann-Whitney (intergrupales) pos-test

Este análisis de va a realizar con muestras independientes (grupo experimental y control) entre el pos-test, teniendo en cuenta las siguientes consideraciones:

- H_0 : No hay cambios significativos en los resultados obtenidos de la prueba de pos-test
- H_a : Si hay cambios significativos en los resultados obtenidos de la prueba de pos-test
- Si $p \leq 0,05$ se rechaza H_0 y se acepta H_a
- Si $p > 0,05$ se acepta H_0 y se rechaza H_a

En la Tabla 5 se observa que la significancia asintótica bilateral obtuvo un valor $p \leq 0,05$ evidenciando que sí que existen diferencias estadísticamente significativas entre la metodología

REMSI aplicada al grupo experimental y la intervención tradicional aplicada al grupo control

Tabla 5. Estadístico Mann-Whitney

	Resultado Pos-test
U de Mann-Whitney	636,500
W de Wilcoxon	1911,500
Z	-4,320
Sig. asintót. (bilateral)	,000

a. Variable de agrupación: Grupos Pos-test

Estadístico de contraste Mann-Whitney con el software IBM SPSS Statistics Base 25 aplicada al pos-test del grupo control y experimental.

4.7. Resultados prueba de Kruskal-Wallis

Este análisis de va a realizar con muestras independientes (grupo experimental y control) entre el pre-test y pos-test, teniendo en cuenta las siguientes consideraciones:

- H_0 : No hay cambios significativos en los resultados pre-test y pos-test en la metodología REMSI y el la tradicional.
- H_a : Si hay cambios significativos en los resultados pre-test y pos-test en la metodología REMSI y el la tradicional.
- Si $p \leq 0,05$ se rechaza H_0 y se acepta H_a
- Si $p > 0,05$ se acepta H_0 y se rechaza H_a

En la Tabla 6 se observa que la significancia asintótica bilateral se obtuvo un valor $p \leq 0,05$ evidenciando que sí hay cambios significativos en los resultados pre-test y pos-test en la metodología REMSI y el la tradicional. Mientras que en la Tabla 7 se observan los rangos se observa que se analizaron 200 notas, cincuenta para cada grupo. El rango promedio mayor fue para el grupo experimental al aplicar la prueba pos-test, en tanto el menor fue para el grupo experimental en el pre-test

Tabla 6. Estadísticos de contraste^{a,b}

	Pre-test y pos-test nota grupo experimental y control
Chi-cuadrado gl	36,033 3
Sig. asintót.	,000

- a. Prueba de Kruskal-Wallis
- b. Variable de agrupación: pre-test y pos-test grupo experimental y control

Rangos de estadístico de contraste Kruskal-Wallis con el software IBM SPSS Statistics Base 25 aplicada al pre-test y pos-test del grupo control y experimental.

Test (pre y pos) de los grupos experimental y de control	N	Rango promedio
Pre-test experimental	50	72,92
Pos-test experimental	50	138,90
Pre-test control	50	98,58
Pos-test control	50	91,60
Total	200	

Rangos de estadístico de contraste Kruskal-Wallis con el software IBM SPSS Statistics Base 25 aplicada al pre-test y pos-test del grupo control y experimental.

4.8. Resultados análisis gráfico media

Otro análisis es comparar la media obtenida por el grupo experimental en el pre-test y pos-test como se observa en la Figura 12 cuya media se encuentra en 2,6 en el pre-test mientras en el pos-test de 3,7 Figura 13 evidenciando un incremento significativo.

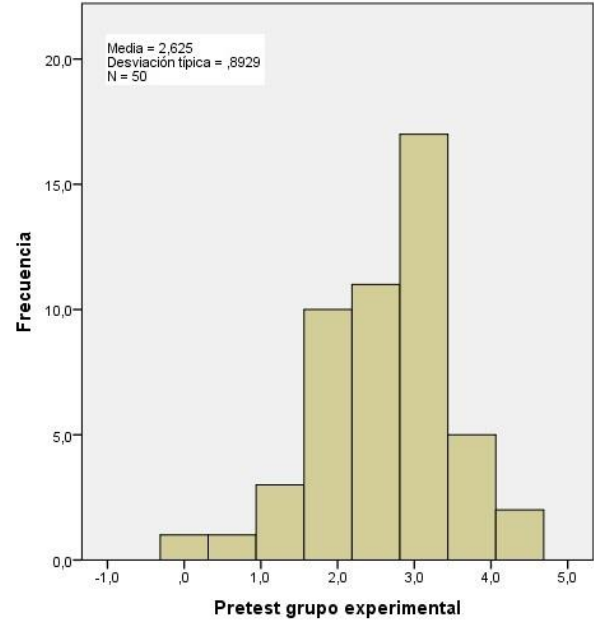


Figura 12. Nota obtenida en el pre-test por el grupo experimental. Fuente: Elaboración propia

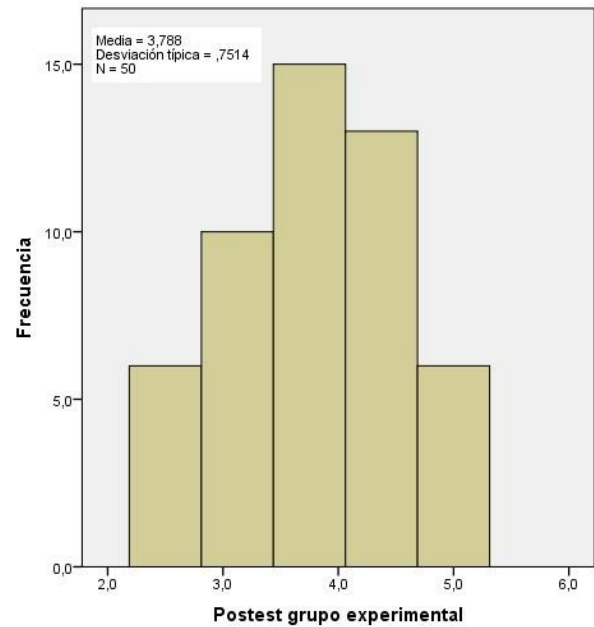


Figura 13. Nota obtenida en el pos-test por el grupo experimental. Fuente: Elaboración propia

En el grupo control, se observa que la media obtenida en el pre-test fue de 3,0 y en el pos-test fue de 2,9, como se puede apreciar en la Figura 14 y Figura 15. Aunque se evidencia una disminución en los niveles de puntuación más bajos, no se observa un incremento significativo en la media.

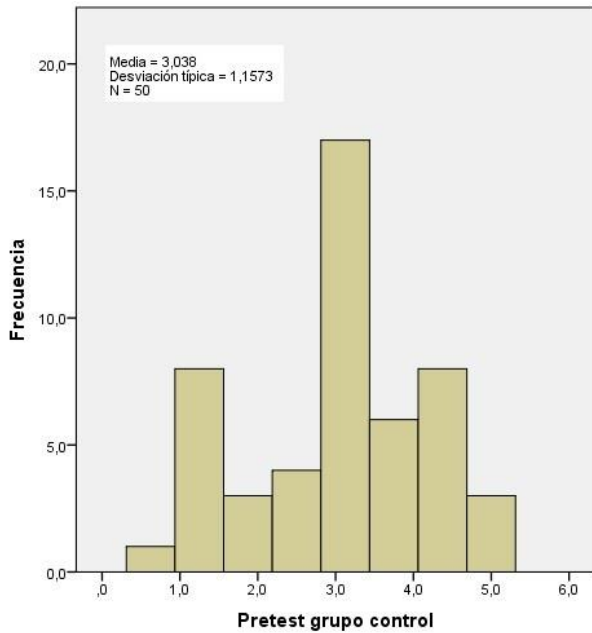


Figura 14. Nota obtenida en el pre-test por el grupo control **Fuente:** Elaboración propia

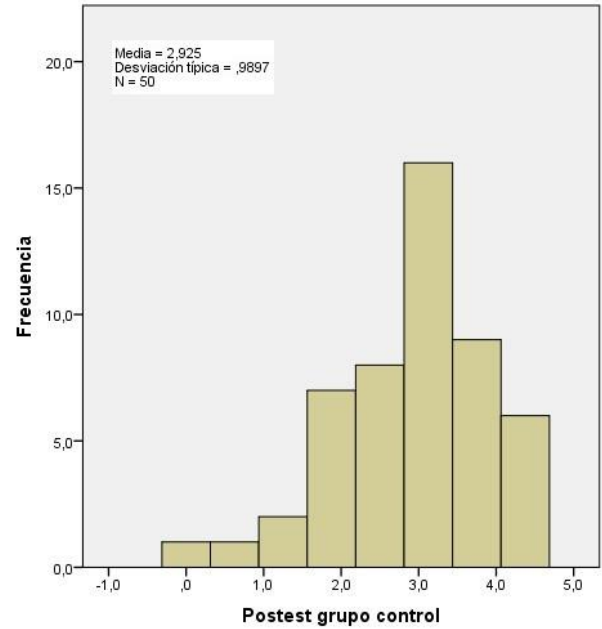


Figura 15. Nota obtenida en el pos-test por el grupo control **Fuente:** Elaboración propia

Para determinar el tamaño del efecto, se utiliza el factor g de Hedges para calcular la ganancia de aprendizaje y comparar las medias y desviaciones. En la Tabla 8 se muestran las medias y desviaciones, mientras que en la Tabla 9 se presentan las medias y desviaciones para la muestra relacionada de las dos pruebas pre-test y pos-test.

Tabla 8. Estadísticos de muestras relacionadas

	Media	N	Desviación típica	Error típico de la media
Pre-test grupo experimental	2,625	50	,8929	,1263
Pos-test grupo experimental	3,788	50	,7514	,1063

Estadísticos de muestras relacionadas utilizando la prueba T con el software IBM SPSS Statistics Base 25 aplicada al pre-test y pos-test del grupo experimental.

Tabla 9. Estadísticos de muestras relacionadas, prueba T

Medidas		Pre-test y pos-test
Media		-1,1625
Desviación.		1,1642
Error		,1646
95%	Inferior.	-1,4934
	Superior	-,8316
t		-7,061
gl		49
Significancia		,000

Estadísticos de muestras relacionadas pre-test y pos-test utilizando la prueba T con el software IBM SPSS Statistics Base 25 aplicada al pre-test y pos-test del grupo experimental.

Al aplicar el factor g de Hedges y considerando las medias y desviaciones de cada prueba, así como las muestras relacionadas, se obtiene un coeficiente de 0.992327. Esto indica que la ganancia de aprendizaje se encuentra en el nivel grande (>0.8), de acuerdo con las convenciones adoptadas para su interpretación.

5. Conclusiones y/o consideraciones finales

Al interactuar directamente con los materiales y equipos de laboratorio, el fenómeno de estudio se acerca a la realidad del estudiante, dejando de ser un modelo abstracto e idealizado como suele ser en el aprendizaje de la cinemática. El estudiante utiliza sus sentidos y habilidades de pensamiento para analizar el movimiento de la esfera. Esto se evidencia cuando los estudiantes detectan errores en la medición del tiempo y mencionan que la medida no es coherente con su lógica. Este hecho pone de manifiesto un proceso cognitivo importante, el "aprendizaje activo". Ahora hay una verdadera correspondencia entre la interpretación, asociación, modelación y análisis del fenómeno, lo que lleva a la construcción de un aprendizaje significativo. Sus conocimientos previos se están modificando o fortaleciendo, y las variables de tiempo, velocidad y distancia se vuelven perceptibles y se manifiestan con propiedades que ellos están estudiando.

Al realizar la práctica experimental y contrastar los resultados con el modelo teórico mediante la simulación, se revelan las características y condiciones de los sistemas ideales. Los estudiantes tienen la capacidad de desarrollar habilidades de pensamiento de alto nivel al explicar, argumentar o proponer las condiciones o factores que intervienen para obtener esos resultados.

Cada ecuación o modelo tiene un significado en el comportamiento de la naturaleza, pero esto solo se puede comprender al analizar cada uno de los factores que intervienen en el fenómeno. De lo contrario, se convierte en una simple ecuación con reglas y principios matemáticos mecánicos. El hecho de que los estudiantes operen adecuadamente los términos para resolver un ejercicio no significa que comprendan el principio físico subyacente. Por eso, se recomienda implementar la metodología REMSI en la construcción de diferentes conocimientos. Esta metodología comprende el verdadero significado o principio y proporciona los elementos necesarios para generar un aprendizaje significativo.

Los sensores de tiempo cumplieron su objetivo, ya que las mediciones son muy precisas, como se refleja en la construcción de las gráficas de posición y velocidad en función del tiempo. Su manejo es intuitivo y se pueden implementar en muchas prácticas de laboratorio, además de las abordadas en este estudio. Se recomienda su reproducción.

En el análisis intergrupar con la prueba de Wilcoxon, se observa que existen diferencias estadísticamente significativas entre los resultados obtenidos después de la intervención a favor de la metodología REMSI. Esto permite inferir que la estructura de realidad, modelamiento y simulación cuenta con elementos que permiten desarrollar conocimiento y comprensión en las competencias de ciencias naturales. Además, el efecto se encuentra en la escala más alta del factor g de Hedges.

Esta investigación forma parte de un trabajo realizado por el mismo autor del artículo como parte

de su maestría y comparte los mismos resultados. Se recomienda consultar el trabajo completo para obtener más información sobre cada uno de los procesos llevados a cabo en esta investigación.

Vascak. (n.d.). *Movimiento con velocidad constante, recuperado el 10/09/2022*. Retrieved September 9, 2022, from https://www.vascak.cz/data/android/physicsatchool/template.php?s=mech_pohyb&l=es

6. Referencias

- Abdollahyan, H. (2019). *SPSS Kolmogorov-Smirnov Test for Normality-The Ultimate Guide.pdf*. <https://orcid.org/0000-0003-4852-5300>
- Bravo, A., Castañeda, J., Rodríguez, L., Hernández, I., & Hernández, L. (2016). Asociación Colombiana de Facultades de ingeniería Itades de ingeniería de Facu de Facu Teaching of mathematics in engineering: Mathematical modeling and contextual mathematics. *Revista Educación En Ingeniería, 11*(21), 27–31.
- Cemlad, B., & Cahuana, B. (n.d.). *Taxonomía de bloom*.
- Flores-Ruiz, E., Guadalupe Miranda-Navales, M., Ángel Villasis-Keever, M., & Ángel Villasis-Keever miguel, M. (2017). Metodología de la investigación. In *Rev Alerg Mex* (Vol. 64, Issue 3). <http://www.revistaalergia.mx>
- Icfes. (2019). *Marco de referencia de la prueba de ciencias naturales Saber 11.º*. Bogotá: Dirección de Evaluación, Icfes.
- Insausti, M. & M. M. (2000). Una propuesta para el aprendizaje de contenidos procedimentales en el laboratorio de física y química. *Investigações Em Ensino de Ciências, V5*(2), 93–119.
- Luz, M., & Palmero, R. (2011). *La teoría del aprendizaje significativo: una revisión aplicable a la escuela actual*. Vol. 3(Núm 1).
- Milena, A., Rua, L., Eugenio, Ó., Alzate, T., & Rúa, L. (2012). Las prácticas de laboratorio en la enseñanza de las ciencias naturales. *Revista Latinoamericana de Estudios Educativos, 8*(1), 145–166.
- Ministerio de Educación Nacional. (2022). *Resultados egresados examen saber 11º -2021 recuperado 21 de junio de 2022*. <https://www.mineduacion.gov.co/portal/salaprinsa/Noticias/409545:icfes-presento-a-la-comunidad-educativa-el-Informe-de-los-Resultados-agregado-Saber-11-en-2021>
- Romero, M. (2016). Pruebas de bondad de ajuste a una distribución normal. *Revista de Enermería Del Trabajo, 6:3* (105-114).
- Prueba de Ciencias Naturales, I. (2018). *Cuadernillo de preguntas Saber 11.º*.

REGISTROS DE SEMIÓTICA PARA APRENDIZAGEM DO TRABALHO E ENERGIA EM ESTUDANTES DO ENSINO MÉDIO

REGISTROS SEMIÓTICOS PARA EL APRENDIZAJE DE TRABAJO Y ENERGÍA EN ESTUDIANTES DE LA ESCUELA MEDIA

SEMIOTICS REGISTERS FOR THE LEARNING OF WORK AND ENERGY IN MIDDLE SCHOOL STUDENTS

Edwin Mosquera Lozano*, German Londoño Villamil**

Mosquera, E.; Londoño, G. (2023). Registros semióticos para el aprendizaje de trabajo y energía en estudiantes de la escuela media. *Góndola, Enseñanza y Aprendizaje de las Ciencias*. Número especial, v18, pp.1-14

Resumen

Este documento hace parte de los resultados parciales de un proyecto de investigación sobre las interacciones entre el uso consciente de los registros semióticos desde la perspectiva de Duval en el aprendizaje de la física y la comprensión de los fenómenos. Inicialmente, se muestra la problemática que se nutre de algunos componentes del estado del arte y las perspectivas filosóficas que sustentan la propuesta desde lo dimensional, multidimensional y la idea de contexto. Después, se profundiza sobre la teoría de los registros de representación semiótica (TRRS), luego sobre el razonamiento que justifican las descripciones y explicaciones de los estudiantes mediante los registros verbales, y en seguida, a cerca de los elementos conceptuales sobre la energía mecánica dentro de la idea de sistema. Según los resultados no concluyentes, se observa mayor comprensión en los registros verbales cuando se parte de registros icónicos y menor en registros gráficos, al mismo tiempo, se nota que la correspondencia semántica cuando se usan los registros semióticos gráficos es menor que cuando se usan los simbólicos y algebraicos, sin embargo, también se alcanza un nivel de comprensión multi-estructural. Con relación a las fuentes de información que se suministran para realizar la tarea, se evidencia en los estudiantes mejor percepción por los video tutoriales de YouTube que los simuladores PhET, lo cual es un indicio de la necesidad de fomentar los procesos de formación en representaciones

* Candidato a Doctor en Didáctica de las Ciencias Naturales –Universidad Tecnológica de Pereira, Colombia. yuyu@utp.edu. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5429-9288>.

** Doctor en Investigación de la Didáctica de las Ciencias Experimentales y Sociales Universitat de Valencia – España; didacticaambientalastronomia@gmail.com. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8031-4357>.

previamente a la construcción de conocimiento cuando se usan estas herramientas.

Palabras clave: Aprendizaje, Comprensión, Energía mecánica, Registros semióticos.

Abstract

This document is part of the partial results of a research project on the interactions between the conscious use of semiotic registers from Duval's perspective in learning physics and understanding phenomena. Initially, the problem is nourished by some components of the state of the art and the philosophical perspectives that support the proposal from the dimensional, and multidimensional, and the idea of context is shown. Then, the theory of semiotic representation registers (TRRS) is deepened, then on the reasoning that justifies the descriptions and explanations of the students through the verbal registers, and then, about the conceptual elements of the mechanical energy within the idea of a system. According to the inconclusive results, greater comprehension is observed in verbal registers when starting from iconic registers and less in graphic registers, at the same time, it is noted that the semantic correspondence when graphic semiotic registers are used is less than when symbolic and algebraic semiotic registers are used. However, a multi-structural level of understanding is also reached. Concerning the sources of information that are provided to perform the task, students have a better perception of YouTube video tutorials than PhET simulators, which is an indication of the need to promote training processes in representations previously to the construction of knowledge at the use of these tools.

Keywords: Learning, Comprehension, Mechanical energy, Semiotic registers.

Resumo

Este documento é parte dos resultados parciais de um projeto de pesquisa sobre as interações entre o uso consciente de registros semióticos na perspectiva de Duval no aprendizado da física e na compreensão dos fenômenos. Inicialmente, mostra-se o problema que se nutre de alguns componentes do estado da arte e as perspectivas filosóficas que sustentam a proposta a partir do dimensional, multidimensional e da ideia de contexto. Em seguida, aprofunda-se a teoria dos registros de representação semiótica (TRRS), seguidamente sobre o raciocínio que justifica as descrições e explicações dos alunos através dos registros verbais, e depois, sobre os elementos conceituais sobre a energia mecânica dentro da ideia de sistema. De acordo com os resultados inconclusivos, observa-se uma maior compreensão nos registros verbais a partir de registros icônicos e uma menor nos registros gráficos, ao mesmo tempo, nota-se que a correspondência

semântica ao momento de se utilizarem registros semióticos gráficos é menor do que quando se utilizam registros semióticos simbólicos e algébricos, no entanto, um nível de compreensão multiestructural também é alcançado. Em relação às fontes de informação que são disponibilizadas para a realização da tarefa, os alunos têm uma percepção melhor dos vídeos tutoriais do YouTube do que dos simuladores PhET. Isto é um indicativo da necessidade de promover processos de formação em representações anteriores à construção do conhecimento ao utilizar estas ferramentas.

Palavras chave: Aprendendo, Compreensão, energia mecânica, registros semióticos

1. Introducción

El objetivo de este documento es analizar el uso que hacen los estudiantes de la escuela media sobre los registros semióticos de trabajo y energía cuando construyen conocimientos en el aula a partir de las tareas que se asignan.

A pesar de su importancia, como parte de los objetivos del desarrollo sostenible (ODS) y por ser un tema que contribuye con el incremento de la sensibilidad hacia las problemáticas ambientales, como se plantea en FAO (2019) y Castro-Montaña y Gallego-Torres, (2009) respectivamente, muchos estudiantes muestran dificultades en la comprensión del tema sobre la energía.

Según Solbes et ál. (2007) y Da Silva Faria (2019), la mayor parte de estos problemas en el entendimiento de la física con los estudiantes se encuentran en un nivel de complejidad con respecto a la estructura matemática.

Por lo tanto, dado que este análisis se hace en el campo de la didáctica, se parte de los principios filosóficos de perspectivas dimensionales y multidimensionales que permiten comprender tanto aspectos de la enseñanza como del aprendizaje (Nardi y Castiblanco, 2014); (Tamayo, 2001, 2006, 2014).

Así pues, desde la enseñanza, Nardi y Castiblanco (2014), argumentan que el maestro debe integrar aspectos dimensionales como son los disciplinares, interaccionales y socioculturales que le permitan: implementar contenidos pertinentes a los contextos entendiendo este concepto en su polisemia de acuerdo con Zapata (2016) y además, aprovechando los recursos disponible tales como las TIC por que según Sanhuesa Haro et al. (2018), esto permite a los estudiantes acercarse a el conocimiento según sus capacidades.

Por su parte, Tamayo (2001, 2006, 2014), plantea la necesidad de analizar el aprendizaje desde aspectos multidimensionales que permitan

vislumbrar aspectos cognitivos, metacognitivos, actitudinales y emocionales en los estudiantes.

Por otra parte, para abordar los aspectos cognitivos en el aprendizaje de los estudiantes, se plantea el marco teórico en este documento que se enmarca en el uso de la teoría de los registros de representación semiótica (TRRS) de Duval (2017) y Duval & Sáenz-Ludlow (2016), como una alternativa para estudiar las habilidades que tienen los estudiantes cuando transfieren sus conocimientos matemáticos en la comprensión de la física.

Según los resultados de las investigaciones de Schmidt (2016), se requiere una apropiación conceptual del uso de los registros semióticos (RS) por parte de los maestros.

De acuerdo Prada et al., (2021), la mayor parte de ellos utilizan en la misma secuencia en el lenguaje natural, expresiones algebraicas y representaciones gráficas con el mismo orden en problemas aplicados de lápiz y papel que distan de las situaciones reales y además, no sugieren a los estudiantes reflexionar sobre las soluciones. Con relación a los procesos de aprendizaje, de Lima (2019), ratifica que la mayor dificultad que muestran los estudiantes se relacionan con las habilidades para transformar un RS en otro (conversión), por ejemplo, desde una ecuación hasta una gráfica.

De acuerdo con Callone & Torres (2013), quien se apoya en los planteamientos de Duval, las habilidades para transformar RS pueden darse de manera aislada a la comprensión de los fenómenos. En otras palabras, estas habilidades pueden analizarse como causa o como síntoma de la comprensión.

Por ejemplo, cuando se miran las habilidades de los estudiantes para usar los RS como causa de una adecuada comprensión, se espera que al mejorar la coordinación de registros se mejore la comprensión del fenómeno.

Por el contrario, otras posturas, como la de Duval, consideran que las habilidades que tienen

los estudiantes para coordinar registros semióticos deben mirarse como un síntoma o señal de la comprensión de los fenómenos.

2. Marco de Referencia

Para comenzar, se dice que el interés por las representaciones semióticas desde una perspectiva constructivista, es un campo complejo, y, surge del análisis de las representaciones mentales de los estudiantes para buscar sentido ('sense making') y forma de ver ('ways of seeing') el mundo, y se clasifican en internas (pensamiento de los estudiantes) y representaciones existentes, externas o semióticas (Driver, 1989), (Beuchot, 2013), (Runnquist y Nubiola, 2019).

Por su parte, la TRRS de Duval se nutre de las perspectivas semióticas de Saussure y Peirce y, además, de los aportes matemáticos y filosóficos de Frege.

Algunos de los conceptos importantes de esta teoría que inicialmente surge en el contexto de las matemáticas son: las relaciones inseparables entre los procesos de pensamiento y representaciones existentes, la idea de registro semiótico, los tipos de registros y la coordinación de registros.

Como parte del análisis de los componentes de la TRRS, se estudian los aportes de los modelos triádicos. Esto se realiza desde la propuesta de Frege con los componentes del correlato triádico que integran un objeto, un vehículo y un sentido para construir conocimiento. De esta manera, cobran importancia los procesos de razonamiento que se realizan mediante descripciones, explicaciones y argumentos.

2.1. La teoría de los registros de representación semiótica (TRRS)

Para empezar, es importante conocer que la TRRS de Duval nace en el campo de las matemáticas como una teoría que busca mejorar los procesos de aprendizaje en esta ciencia

mediante el desarrollo de habilidades para coordinar RS (Duval, 2017).

Así pues, en esta teoría los procesos noéticos o de pensamiento y los semióticos o comprensión de representaciones externas o existentes, se consideran inseparables.

Con relación a los RS, estos se definen como aquellas representaciones semióticas en los cuales se pueden distinguir y/o aplicar a la vez procesos de *formación* o reconocimiento dentro de un contexto teórico, *conversión* o transformaciones en otro tipo de registros sin cambiar los objetos denotados y, *tratamiento* o transformaciones de una representación dentro del mismo tipo de registros.

Con respecto a la conversión, se dice que estos procesos son los más importantes para evaluar la comprensión mediante el análisis de la congruencia de registros semióticos, es decir, las relaciones de transformación a partir de la correspondencia semántica, la univocidad semántica y la organización de las unidades significativas. Por ejemplo, cuando decimos "tres veces un número más uno"; $3x+1$ y (uno, dos, tres... $\rightarrow 1, 2, 3...$).

Como se puede observar, todos los elementos de la expresión algebraica se encuentran contenidos en la expresión verbal o texto (correspondencia semántica); asimismo, cada uno de los elementos entre estas dos expresiones se encuentran en relación uno a uno (univocidad semántica).

Por otra parte, en la segunda expresión cada palabra (uno, dos, tres...) se representa en orden en la expresión (1,2,3...). A esto se le conoce como organización de las unidades significativas. Con respecto a los tipos de RS, estos pueden ser lingüísticos y no lingüísticos que a su vez subdividen en monofuncionales y polifuncionales. De esta clasificación se infieren los registros icónicos (esquemas), simbólicos (unidades de medida, variables.), algebraicos (ecuaciones) y gráficos (coordenadas cartesianas

y diagramas). Otros tipos de RS surgen de la combinación de los anteriores como por ejemplo una tabla en la que se integran elementos simbólicos y algebraicos.

2.2. El sentido a partir de los procesos de razonamiento y argumentación.

Los procesos de razonamiento y argumentación cuando se usan modelos triádicos se pueden realizar a partir de las descripciones, explicaciones y argumentos de los estudiantes mediante RS verbales (escritos o hablados). De esta manera, se configura un contexto argumentativo que puede ser lógico, dialógico, pragmadialéctico o retórico.

En el caso de la argumentación en el aula, es importante tener en cuenta que esta se desarrolla dentro del lenguaje por lo tanto es importante prestar atención a los procesos orales y escritos de los estudiantes, además, es un acto comunicativo que tiene aspectos dialógicos, dialécticos, retóricos y pragmadialécticos, asimismo, es una actividad intencionada y puede ser del mundo de la vida de los estudiantes y/o problemas o cuestiones socio científicas (QSC); también, se diferencia de la explicación; al mismo tiempo, plantea una oposición entre persuadir y convencer; en el mismo sentido, su fin o meta es la construcción de conocimiento; por esta razón, es necesario tener en cuenta aspectos cognitivos, emocionales y afectivos para analizar sus beneficios, costos y riesgos; y finalmente, se puede analizar como habilidad (contexto real) o como competencia (entorno formativo) (Simon et al., 2006); (Sampson & Clark, 2008), (Erduran et ál., 2015), (Ruiz-Ortega et ál., 2015).

2.3. Uso de las TIC

El uso de las TIC en el aula es importante porque agiliza los procesos didácticos. Algunos de sus beneficios consisten en: acceso a la información, almacenamiento, posibilidades de procesamiento y opciones para su comunicación. Según Escriba (2020), la plataforma Google ofrece numerosas aplicaciones entre las que se destacan *Classroom* y *los formularios*.

Por su parte, Classroom permite la implementación de aulas de aprendizaje gratis donde los maestros pueden configurar actividades y recibir las respuestas de los estudiantes mediante distintos tipos de archivos que incluyen: textos, imágenes y videos.

Por otra parte, los formularios permiten la recolección ágil y rápida de información mediante encuestas.

2.4 Conceptos sobre la energía mecánica

La comprensión de la energía mecánica se enmarca en el tema general de la energía. Por esta razón, se plantea el modelo general que propone Jewett (2008), en el cual se considera que en un sistema existen tres tipos de energías que son: cinética, potencial e interna y además, 7 procesos de transferencia de energía a través de los bordes o fronteras de estos que son: trabajo, calor, materia, ondas, radiación y electricidad (Ecuación 1).

$$\Delta K + \Delta U + \Delta E_{int} = W + Q + T_{MT} + T_{MW} + T_{ER} + T_{ET} \quad \text{Ec. 1}$$

Nota: ΔK (cambio en la energía cinética), ΔU (cambio en la energía potencial), ΔE_{int} (cambio en la energía interna); mecanismos de transferencia de energía (W: trabajo, Q: calor, T_{MT} : Materia, T_{MW} : ondas, T_{ER} : radiación, T_{ET} : electricidad)

Por su parte, los elementos de este modelo que constituyen la energía mecánica son: la energía cinética, potencial y trabajo mecánico.

A partir de los conceptos anteriores Mosquera L. et al. (2021), proponen la comprensión amplia de la energía mecánica, es decir, con “*componentes amplios*” considerando sus fuentes (velocidad, altura, deformación), formas (cinética, potencial gravitacional y elástica) y procesos (transformación, transferencia, degradación y conservación).

3. Metodología de investigación

Se realiza un estudio de caso único mediante el análisis de una tarea sobre “choques y colisiones” que presenta una estudiante de la Institución Educativa Cristo Rey de Dosquebradas el día 17 de junio mediante la plataforma Google Classroom. El caso se elige porque se observa cierto nivel de apropiación del modelo para analizar las interacciones de la energía entre dos sistemas al final de su presentación (Creswell, 2012, p.465).

También se hace un análisis de la percepción sobre las fuentes de información mediante una encuesta sobre la misma tarea que se aplica a estudiantes de grado 11 en el año 2022.

La tarea consiste en elaborar una presentación sobre el tema con una duración entre 5 y 7

minutos. Para esto se dejan en la plataforma los insumos que aparecen en la figura 1.

Figura 1. Imagen de la tarea que se asigna en Classroom. **Fuente:** Pantallazo

Los elementos que aparecen en la figura 1 son: **A)** foto del tablero con las instrucciones y acuerdos, **B)** canción de rap la cantidad de movimiento (<https://youtu.be/c-bHDikKLjw>), **C)** documento PDF con conceptos e ilustraciones (<https://classroom.google.com/u/2/c/MjY4NDIzMzE2NjQ2/a/NDg3NzQ4MzkwMDIz/details>), **D)** Texto con conceptos, modelos matemáticos e imágenes (<https://classroom.google.com/u/2/w/MjY4NDIzMzE2NjQ2/t/all>), **E)** video tutorial en YouTube (<https://www.youtube.com/watch?v=XHhtTSzM8wM&t=30s>) y además, un enlace para el simulador PhET (https://phet.colorado.edu/sims/html/collision-lab/latest/collision-lab_es.html).

Los datos se procesan mediante el uso de la hoja de cálculo y el software ATLAS.ti.

3.1 Diseño

En primer lugar, en el caso único se hace un diseño para el análisis de la tarea que presenta la estudiante. Este consiste en un video que surge de la transformación de un archivo de PowerPoint de 22 diapositivas. El video tiene una duración de 7 minutos y 31 segundos.

Se toma como referencia los aportes de Bardin (1996) y Andréu (A, n.d.) y se establece la siguiente lista de categorías y códigos para el análisis del contenido:

Congruencia: Correspondencia semántica entre registros: *C. Semántica*; Univocidad semántica entre registros: *U. Semántica*; Orden en las unidades significativas: *O.U. Significativas*; Ausencia de congruencia: *Sin.Congruencia*).



Formación o reconocimiento de registros: No reconoce: *Not.Formación*; reconoce unidades elementales (unidades de medida, nombre de variables): *R. Elementos*; Reconoce elementos de orden superior (ecuaciones, modelos matemáticos): *R. Estructuras*; Reconoce el contexto teórico del registro semiótico: *R. C. Teórico*

Comprensión a partir de las propuestas de los investigadores Biggs & Tang (2007) y Park & Liu (2016): Comprensión pre-estructural o registro verbal sin la presencia de componentes amplios sobre la energía mecánica o con solo uno sin justificar: *Pre-estructural*; comprensión Uni-estructural o registro verbal con algunos componentes amplios sobre la energía mecánica pero justificados a partir de una sola idea: *Uni-estructural*; comprensión multi-estructural o registro verbal con algunos componentes amplios sobre la energía mecánica y justificados a partir de varias ideas: *Multi-estructural* y comprensión relacional o registro verbal con algunos componentes amplios sobre la energía mecánica, justificados a partir de varias ideas y además, contextualizados como partes de principios y teorías sobre la energía.

Fuentes de Energía mecánica: Se observa en los registros verbales del estudiante la idea de velocidad de forma explícita: *Velocidad-E*; se observa en los registros verbales del estudiante la idea de velocidad de forma implícita: *Velocidad-I*; se observa en los registros verbales del estudiante la idea de altura de forma explícita: *Altura-E*; se observa en los registros verbales del estudiante la idea de altura de forma implícita: *Altura-I*; se observa en los registros verbales del estudiante la idea de deformación de forma explícita: *Deformación-E*; se observa en los registros verbales del estudiante la idea de deformación de forma implícita: *Deformación-I*.

Formas de Energía mecánica: Aparecen en los registros verbales del estudiante la energía cinética, potencial gravitacional y potencial elástica respectivamente: *E. Cinética*, *E. Potencial g*, *E. Potencial x*.

Procesos: Aparecen en los registros verbales del estudiante los procesos de *Conservación*, *Transformación*, *Transferencia* y *Degradación* de la energía mecánica.

Tipos de Registros semióticos: Aparecen en la tarea que realiza el estudiante RS icónicos, algebraicos, verbales, simbólicos y gráficos: *R. Icónico*; *R. algebraicos*, *R. Verbales*, *R. Simbólicos*, *R. Gráficos*.

Carácter de los registros verbales: Carácter descriptivo: *C. Descriptivo (RV)*; Carácter explicativo: *C. Explicativo (RV)*.

Por otra parte, el análisis de la percepción que tienen las estudiantes sobre las fuentes de información que se suministran para realizar la tarea, se diseñó una encuesta que se aplica a 45 estudiantes mediante un formulario de Google. Las preguntas que se realizan son:

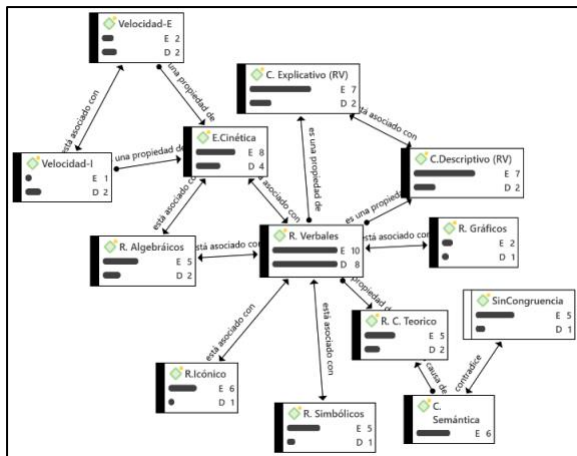
¿En qué grado del 1 al 6, siendo 1 el menor grado y 6 el mayor grado (1, 2, 3,4,5,6), le ayuda cada una de las fuentes y por qué?

A continuación, se muestra una descripción de las fuentes: **F1**, que consiste en una simulación online del laboratorio PhET sobre los choques y colisiones; **F2**, es un video tutorial en YouTube que hace una síntesis sobre el tema de choques y colisiones; **F3**, es una canción de rap sobre el momento lineal; **F4**, es un archivo PDF tipo presentación que tiene muchas ilustraciones, imágenes, conceptos y ejercicios sobre el tema y, **F5**, es un documento PDF estructurado con las

explicaciones, modelos e imágenes detalladas sobre los choques y colisiones.

4. Resultados

A continuación, se ilustran los resultados de los dos análisis que son: 1-la tarea que realiza la estudiante sobre una presentación acerca del tema de choques y colisiones y, 2-análisis de las



percepciones de los estudiantes sobre el grado de ayuda que le brinda cada una de las fuentes que se suministran para la tarea.

4.1. Análisis de la tarea que realiza la estudiante

Inicialmente se hace una transcripción del video. Luego se lleva este documento en versión de texto o registro verbal al software ATLAS.ti y se realiza una nube de conceptos. El resultado se muestra a continuación (Figura 2).



Figura 2. Imagen de la nube de conceptos. Fuente: resultados del software.

Como se puede observar, los conceptos más recurrentes son: “energía”, “choque”, “velocidad” y “restitución o coeficiente de restitución”. En menor proporción se encuentran “movimiento”, “momento”, “masa” y “fuerza”.

Según los resultados, la tarea que presenta la estudiante demuestra apropiación de los conceptos básicos.

En seguida se muestra una red semántica que se realiza de manera deductiva, es decir, mediante el uso de categorías y códigos preestablecidos (Figura 3).

Figura 3. Red semántica a partir de los códigos con mayor densidad (D) y enraizamiento (E)¹ Fuente: resultados del software.

Como se puede observar, el código con mayor densidad y enraizamiento es el de los registros verbales los cuales se enlazan con los registros algebraicos y la energía cinética, y de la misma manera, se enlazan los componentes descriptivo y explicativo.

También se observa que la idea de velocidad de forma implícita y explícita constituyen

del estudiante, y el enraizamiento (E) tiene que ver con el número de relaciones entre códigos.

¹ La densidad (D) se relaciona con la frecuencia con que aparece esta idea o concepto en el registro verbal



propiedades de la energía cinética. Igualmente se observa que el reconocimiento del contexto teórico es una propiedad de los registros verbales y, este a su vez se relaciona con la posible congruencia o incongruencia semántica con que se muestren los registros. Por otra parte, los registros icónicos, gráficos y simbólicos se asocian con los verbales en el proceso de construcción de la tarea.

En seguida se muestran algunos diagramas de relaciones entre códigos (Figura 4).

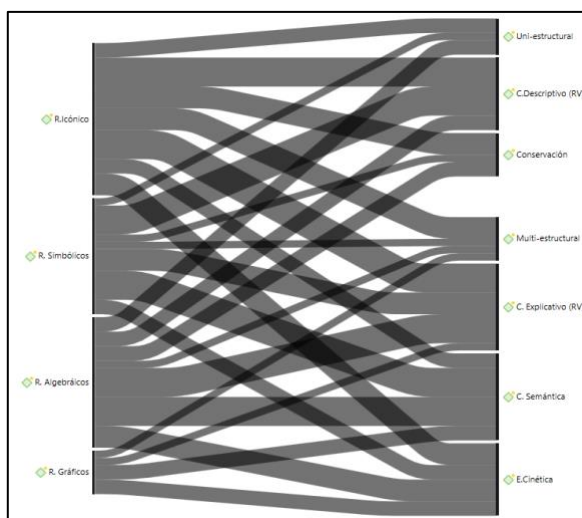


Figura 4. Diagrama Sankey de relaciones entre códigos. **Fuente:** resultados del software.

De acuerdo con los resultados del diagrama Sankey de la figura 4, se puede realizar una tabla para mostrar una síntesis de las relaciones que se observan entre el uso de registros semióticos y algunos aspectos sobre los niveles de comprensión, los componentes amplios y el manejo del lenguaje (Tabla 1).

Tabla 1. Resultados del análisis de las relaciones entre el uso de registros semióticos, los niveles de comprensión y el manejo del lenguaje.

Registros Semióticos	Síntesis de las relaciones que se observan
Icónicos	Se observa que el uso de estos registros guarda una mayor relación en niveles de comprensión multi-estructural que uni-estructural, además, que los componentes amplios de energía cinética y conservación de la energía aparecen en proporciones semejantes, lo mismo que el carácter descriptivo y explicativo de los registros verbales, pero, con una menor correspondencia semántica.
Simbólicos	Se observa poca relación entre el uso de estos registros y los niveles de comprensión tanto uni-estructurales como multi-estructurales, una mayor relación con el carácter descriptivo que explicativo de los registros verbales, mayores relaciones con la idea de energía cinética que con la conservación de la energía y mayores relaciones con la correspondencia semántica que los registros icónicos.
Algebraicos	Se observan relaciones débiles tanto en el nivel de comprensión uni-estructural como multi-estructural, una mayor relación con la idea de energía cinética que la conservación, mayores relaciones con el carácter explicativo que descriptivo en los registros verbales, y una



relación con la correspondencia semántica semejante que los registros simbólicos.

Se observan pocas relaciones entre estos registros y los niveles de comprensión multi-estructural y ninguna con la comprensión uni-estructural, asimismo, pocas relaciones con el carácter explicativo y ninguna con el descriptivo, se observan relaciones con la idea de energía cinética pero no con la conservación de la energía, también, se nota una relación similar con la correspondencia semántica que el caso de los registros icónicos pero menor que las relaciones que se muestran con los registros simbólicos y algebraicos.

Gráficos

Fuente: de los autores a partir de la figura 4.

4.2. Percepción sobre las fuentes de información que se suministran

En este ítem se muestra una gráfica sobre los resultados de los niveles de percepción de las estudiantes a cerca de las fuentes de información que se suministra (Figura 5).

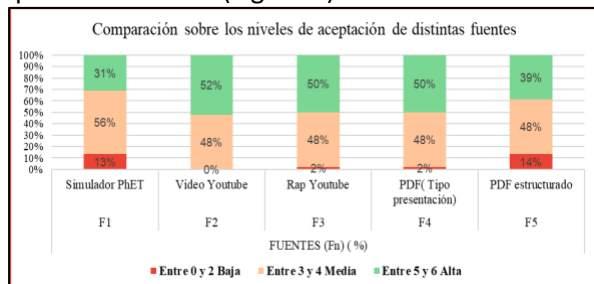


Figura 5. Niveles de percepción sobre las fuentes de información. **Fuente:** de los autores.

En la figura 5 se observan las fuentes F1, F2, F3, F4 y F5, donde se establecen tres rangos así: de 0 a 2 percepción baja, de 3 a 4 percepción media y de 5 a 6 percepción alta.

Según los resultados, se observa un mayor número de estudiantes que tienen una percepción baja, 13% y 14%, respectivamente sobre las fuentes F1 (simulador PhET) y F5 (texto PDF estructurado). Por otra parte, las fuentes F2 (video tutorial de YouTube), F3 (canción de rap en YouTube) y F4 (documento PDF con imágenes e ilustraciones), muestran niveles de percepción del 50% para media y 50% para alta.

Con relación a los simuladores (**F1**), una síntesis de los argumentos por rangos que expresan los estudiantes es: (0 a 2): “No son fáciles de visualizar. No las entendía. Se nos hizo difícil su manejo”, (3 a 4): “Es una gran ayuda visual sin embargo resultó complicado ingresar datos porque tiene un rango restringido. Por su aspecto visual. Nos fue útil después de usar otras fuentes”

(5 a 6): “Por su parte gráfica con valores específicos. Ayudó a comprender algunos conceptos. Porque pude entender un poco más el tema”.

Con respecto a **F5**, se muestran los siguientes argumentos: (0 a 2): “Muy difícil su comprensión. No nos gusta mucho leer. No la usé”. (4 a 5): “Aunque un poco enredado y aburrido tenía información valiosa para complementar el trabajo. Aburrido y confuso con pocas ilustraciones”. (5 a 6): “Ayudan a profundizar sobre el tema. Se encontraba la información básica necesaria después de releer varias veces el texto”.

5. Conclusiones y/o consideraciones finales

Según los resultados de la figura 3, se ratifica lo que plantea Duval a cerca de la importancia de los registros verbales como ejes para establecer

los grados de congruencia (correspondencia semántica, univocidad semántica y organización de las unidades significativas) entre dos registros semióticos.

Sin embargo, se debe considerar que la red semántica de la figura 3 se elabora a partir de un proceso deductivo en el software ATLAS.ti, es decir, con categorías y códigos preestablecidos y, por lo tanto, se deja para otra oportunidad el análisis de la información a partir de un proceso inductivo donde se vayan descubriendo las respectivas categorías y códigos a medida que se revisa la información. Esto puede mostrar variaciones en los resultados.

Con relación al uso de los registros semióticos y la comprensión, en la síntesis de la tabla 1 se puede analizar que, al parecer, la estudiante tiene mayor dificultad para expresar niveles de comprensión mediante el uso de registros gráficos y en menor grado de dificultad respectivamente, con los registros semióticos algebraicos, simbólicos e icónicos.

Al mismo tiempo se puede observar que la correspondencia semántica cuando se usan los registros semióticos gráficos es menor que cuando se usan los simbólicos y algebraicos, sin embargo, también se alcanza un nivel de comprensión multi-estructural.

Aunque estos resultados no son concluyentes, se puede observar que la estudiante puede utilizar cualquier tipo de registros para mostrar la comprensión sobre la energía mecánica, pero tiene mayor dificultad con las gráficas que con los esquemas icónicos.

A propósito de la percepción sobre las fuentes que se utilizan, se debe prestar atención al uso de los simuladores y los textos con lenguajes muy estructurados, porque, al parecer, generan dificultades en la comprensión de los estudiantes. Por lo tanto, es necesario alfabetizar, es decir, realizar procesos de formación en las imágenes y representaciones que se usan en los distintos contextos para

mejorar los procesos de construcción de conocimientos.

6. Referencias

- Andréu A, J. (n.d.). Las técnicas de Análisis de Contenido: Una revisión actualizada. *Hispania*, 43(2), 296. <https://doi.org/10.2307/334486>
- Bardin, L. (1996). *Análisis de Contenido/Traducción de Cesar Suarez*.
- Beuchot P, M. (2013). *La Semiótica: Teorías del signo y el lenguaje en la historia* (Fondo de Cultura Económica (ed.)). <https://doi.org/10.22201/dgpfe.9786070247163e.2013>
- Biggs, J., & Tang, C. (2007). *Teaching For Quality Learning At University*. In McGrawHill (Ed.), *Society for Research into Higher Education & Open University Press* (3rd editio). http://books.google.se/books/about/Teaching_for_Quality_Learning_at_Univers.html?id=XhjRBrDAESkC&pgis=1
- Callone, C., & Torres, N. (2013). ¿ Por qué las representaciones semióticas pueden ser obstáculos para la comprensión ? Un estudio en el tema ácido-base. *Educación Química*, 24(3), 288–297. [https://doi.org/10.1016/S0187-893X\(13\)72478-9](https://doi.org/10.1016/S0187-893X(13)72478-9)
- Castro-Montaña, J. E., y Gallego-Torres, A. P. (2009). La educación energética. *Tecné, Episteme y Didaxis: TED No. Extraordinario, 2009*, 323–329. <https://doi.org/https://doi.org/10.17227/01203916.238>
- Creswell, J. (2012). *Educational Research : Planning, Conducting, and Evaluating Quantitative and Qualitative Research* (Pearson (ed.); Cuarta).
- Da Silva Faria, M. (2019). Dificuldade de Aprendizagem em Física à Luz da Teoria da Carga Cognitiva. In *Repositório Institucional - Universidade Federal de Uberlândia Faculdade de Educação (FACED) DISSERTAÇÃO - Educação* (Vol. 11, Issue 1). <https://repositorio.ufu.br/handle/123456789/24626>
- de Lima, L. G. (2019). The theory of registers of



UNIVERSIDAD DISTRITAL
FRANCISCO JOSÉ DE CALDAS

Góndola, Enseñanza y Aprendizaje de las Ciencias



Resultado de Investigación

- semiotic representation: Contributions to the teaching and learning of physics. *Investigaciones Em Ensino de Ciências*, 24(3), 196–221. <https://doi.org/10.22600/1518-8795.ienci2019v24n3p196>
- Driver, R. (1989). Students' conceptions and the learning of science. *International Journal of Science Education*, 11(5), 481–490. <https://doi.org/10.1080/0950069890110501>
- Duval, R. (2017). **Understanding the mathematical way of thinking - The registers of semiotic representations.** In *Understanding the Mathematical Way of Thinking - The Registers of Semiotic Representations*. <https://doi.org/10.1007/978-3-319-56910-9>
- Duval, R., & Sáenz-Ludlow, A. (2016). **Comprensión y Aprendizaje de las Matemáticas: Perspectivas Semióticas Seleccionadas** (D. I. en E. DIE (ed.)).
- Duval, R., & Sáenz-Ludlow, A. (2016). Un análisis cognitivo de problemas de comprensión en el aprendizaje de las matemáticas. In *Comprensión y aprendizaje en matemáticas : perspectivas semióticas seleccionadas* (Vol. 1, Issue 2, pp. 61–94). Universidad Distrital Francisco José de Caldas. <http://funes.uniandes.edu.co/12213/>
- Erduran, S., Ozdem, Y., y Park, J. Y. (2015). Research trends on argumentation in science education: a journal content analysis from 1998–2014. *International Journal of STEM Education*, 2(1), 1–12. <https://doi.org/10.1186/s40594-015-0020-1>
- Escriba, S. (2020). **96 Herramientas de Google para cualquier negocio online.** <https://sergioescriba.com/herramientas-google/>
- FAO. (2019). **El apoyo de la FAO para alcanzar los Objetivos del Desarrollo Sostenible en América del Sur-Panorama.** Panorama actual. *Organización de Las Naciones Unidas Para La Alimentación y La Agricultura*. <http://www.fao.org/3/ca3884es/ca3884es.pdf>
- Jewett, J. W. (2008). Energy and the Confused Student IV: A Global Approach to Energy. *The Physics Teacher*, 46(4), 210–217. <https://doi.org/10.1119/1.2895670>
- Mosquera L., E., Castiblanco, O., & Londoño, G. (2021). Perspectivas amplias con enfoques semióticos para la didáctica de la física. *REIDU/ Vol. 3/Nº2/ Antofagasta, Chile.*, 3(2), 189–216. <https://doi.org/https://doi.org/10.54802/r.v3.n2.2021.95>
- Nardi, R., & Castiblanco, O. (2014). **Didáctica da Física.** http://www.culturaacademica.com.br/catalogo-detalle.asp?ctl_id=476
- Park, M., & Liu, X. (2016). Assessing Understanding of the Energy Concept in Different Science Disciplines. *Science Education*, 100(3), 483–516. <https://doi.org/10.1002/sc.21211>
- Prada, R., Gamboa, A., y Avendaño, W. (2021). Promoción y articulación de registros semióticos de representación en la enseñanza de la física. *Revista Boletín REDIPE*, 10(12). <https://revista.redipe.org/index.php/1/article/view/1619/1532>
- Ruiz, F., Tamayo, O., y Márquez, C. (2015). La argumentación en Ciencias, un modelo para su enseñanza. *Educacao e Pesquisa*, 41(3), 629–646. <https://doi.org/10.1590/S1517-9702201507129480>
- Runnquist, E., y Nubiola, J. (2019). **Signo. Compendio de Lógica, Teoría de La Argumentación y Retórica, Eduardo de Bustos et Al (Eds), UNED, Madrid, 1–7.** <https://philarchive.org/archive/RUNSI>
- Sampson, V., & Clark, D. (2008). The Impact of collaboration on the outcomes of scientific argumentation. *Science Education*, 93(3), 448–484. <https://doi.org/10.1002/sc.20306>
- Sanhueza Haro, S., Bravo Escobar, A., Faúndez Araya, C., y Utreras Cofré, E. (2018). Las TIC como herramientas cognitivas de inclusión en clases de física para estudiantes de enseñanza secundaria. *Góndola, Enseñanza y Aprendizaje de Las Ciencias. (Bogotá, Colombia)*, 13(2), 306–324. <https://doi.org/10.14483/23464712.12585>
- Schmidt, D. R. (2016). Representación de objetos tridimensionales en papel: Análisis de la capacidad de los académicos del grado en Física de la Universidad Frontera del Sur, a la luz de la perspectiva semiótica y los conceptos de Electromagnetismo. In *Universidad*



UNIVERSIDAD DISTRITAL
FRANCISCO JOSÉ DE CALDAS

Góndola, Enseñanza y Aprendizaje de las Ciencias



Resultado de Investigación

- Federal da Fronteira Sul (UFFS)-Brasil** (Vol. 3).
<https://rd.uffs.edu.br/handle/prefix/288>
- Simon, S., Erduran, S., & Osborne, J. (2006). Learning to teach argumentation: Research and development in the science classroom. *International Journal of Science Education*, 28(2–3), 235–260.
<https://doi.org/10.1080/09500690500336957>
- Solbes, J., Montserrat, R., y Furió, C. (2007). Desinterés del alumnado hacia el aprendizaje de la ciencia. *Didáctica de Las Ciencias Experimentales y Sociales*, 21, 91–117.
<https://doi.org/10.7203/dces..2428>
- Tamayo. (2001). *Evolución conceptual desde una Perspectiva Multidimensional. Aplicación al concepto de Respiración*.
<https://www.tdx.cat/handle/10803/4688;jsessionid=6B2DADE46C4007C06DOECB35C8E3844A>
- Tamayo. (2006). Representaciones Semióticas y evolución Conceptual en la enseñanza de las ciencias matemáticas. *Educación y Pedagogía*, XVIII, 37–49.
<http://funes.uniandes.edu.co/10963/1/Tamayo2006Representaciones.pdf>
- Tamayo, O. E. (2014). Aprendizaje en profundidad. *Revista Latinoamericana de Estudios Educativos*, No. 2, Vol. 10, 7-10. Manizales: Universidad de Caldas, 10(2), 7–10.
- Zapata, J. (2016). Contexto en la enseñanza de las ciencias: análisis al contexto en la enseñanza de la física. *Góndola, Enseñanza y Aprendizaje de Las Ciencias*. (Bogotá, Colombia), 11(2), 193.
<https://doi.org/10.14483/udistrital.jour.gdla.2016.v11n2.a3>

SENSOR DE PROXIMIDAD, ARDUINO EN LA ENSEÑANZA DE LA FÍSICA EN EL COLEGIO JORBALÁN

PROXIMITY SENSOR, ARDUINO IN THE TEACHING OF PHYSICS AT JORBALAN SCHOOL

SENSOR DE PROXIMIDADE, ARDUINO NO ENSINO DA FÍSICA NA ESCOLA JORBALAN

Santiago Velásquez Murcia*^{}, Diego Fernando Becerra Rodríguez**^{}

Velásquez S, Becerra D. (2023). Sensor de proximidad, Arduino en la enseñanza de la física en el Colegio Jorbalán. *Góndola, Enseñanza y Aprendizaje de las Ciencias*, Número especial, v18, pp.1-12

Resumen

El presente escrito enmarcado en la didáctica de la física expone el proceso de creación de un sensor de proximidad en Arduino, mediado por la metodología del Design Thinking. Esta iniciativa surge a partir de un elemento identificado en los estudiantes de grado sexto del Colegio Jorbalán es la dificultad que presentan para realizar mediciones y analizar datos cuantitativos obtenidos al analizar fenómenos. Por ende, desde la asignatura de Desarrollo del Pensamiento Científico de la Licenciatura en Ciencias Naturales de la Universidad de La Sabana, se construyó el montaje y se planeó la intervención en el aula. A partir de la implementación, los estudiantes transitaron de realizar medidas no convencionales (con los pies), a medidas convencionales de tipo cuantitativo (con instrumento de medición y sensor). Adicionalmente, se aproximó a los estudiantes a realizar un tratamiento de datos formal al calcular tipos de errores y porcentajes. Lo anterior permite evidenciar que Arduino en el aula puede tener múltiples propósitos que integren las áreas STEM, en este caso particular ciencias (distancia y conceptos de física), matemáticas (cálculos y mediciones) y tecnología (funcionamiento y programación del circuito). En síntesis, llevar Arduino al aula favorece los procesos de enseñanza y aprendizaje de las ciencias naturales, fortaleciendo habilidades y procesos desde situaciones problema.

Palabras-Clave: Enseñanza de la física. Arduino. Pensamiento Científico.

Abstract

This paper, framed in the didactics of physics, exposes the process of creating a proximity sensor in Arduino, mediated by the Design Thinking methodology. This initiative arises from an element identified in the sixth-grade students of Colegio Jorbalán, which is the difficulty they must make measurements and analyze quantitative data obtained when analyzing phenomena. Therefore, from the subject of Development of Scientific Thinking of the bachelor's degree in Natural Sciences of the Universidad de La Sabana, the assembly

* Estudiante Licenciatura en Ciencias Naturales. Universidad de La Sabana. Colombia. santiagovemu@unisabana.edu.co - ORCID <https://orcid.org/0000-0002-4514-5137>

** Doctor en Ciencias en Física Educativa. Universidad de La Sabana. Colombia. diego.becerra2@unisabana.edu.co - ORCID <https://orcid.org/0000-0003-3881-7289>

was built and the intervention in the classroom was planned. From the implementation, students went from making non-conventional measurements (with their feet) to conventional quantitative measurements (with a measuring instrument and a sensor). Additionally, students were introduced to formal data processing by calculating types of errors and percentages. The above shows that Arduino in the classroom can have multiple purposes that integrate STEM areas, in this case science (distance and physics concepts), mathematics (calculations and measurements) and technology (operation and programming of the circuit). In summary, bringing Arduino to the classroom favors the teaching and learning processes of natural sciences, strengthening skills and processes from problem situations.

Keywords: Teaching physics. Arduino. Scientific Thinking.

Resumo

Este artigo, enquadrado na didática da física, expõe o processo de criação de um sensor de proximidade em Arduino, mediado pela metodologia Design Thinking. Esta iniciativa surge de um elemento identificado nos alunos do sexto ano do Colegio Jorbalán, que é a dificuldade que têm em fazer medições e analisar os dados quantitativos obtidos na análise dos fenómenos. Assim, a partir da disciplina de Desenvolvimento do Pensamento Científico do Bacharelato em Ciências Naturais da Universidade de La Sabana, foi construída a assembleia e planeada a intervenção na sala de aula. A partir da implementação, os estudantes passaram de medições não convencionais (com os pés) para medições quantitativas convencionais (com um instrumento de medição e um sensor). Além disso, os estudantes foram introduzidos ao processamento formal de dados através do cálculo de tipos de erros e percentagens. O acima exposto mostra que o Arduino na sala de aula pode ter múltiplos objetivos que integram áreas STEM, neste caso particular a ciência (distância e conceitos físicos), a matemática (cálculos e medições) e a tecnologia (funcionamento e programação do circuito). Em suma, trazer o Arduino para a sala de aula favorece os processos de ensino e aprendizagem das ciências naturais, reforçando as competências e os processos a partir de situações problemáticas.

Palavras-Chave: Ensino da física. Arduino. Pensamento científico.

1. Introducción

Durante la práctica pedagógica desarrollada en el Colegio Jorbalán de Chía en Cundinamarca, se logró identificar en los estudiantes de grado sexto dificultades para realizar mediciones y analizar datos cuantitativos obtenidos a partir del análisis de fenómenos naturales. Lo anterior, limita el alcance de los objetivos de aprendizaje del área y de la misma institución en aras de la búsqueda de promover la integración entre las áreas académicas mediante el desarrollo articulado de experiencias de

aprendizaje en el aula. Adicionalmente, desde el área de ciencias naturales se está promoviendo el desarrollo de actividades experimentales en las sesiones de clase, con el fin de favorecer la motivación y participación de los estudiantes.

Debido a lo anterior, esta experiencia tuvo como propósito central la creación de un prototipo de un sensor de proximidad en Arduino Uno, con el fin de proveer una herramienta en la enseñanza de la física en el Colegio Jorbalán de Chía, a través del diseño

del sensor aplicando conceptos estructurantes asociados a la electricidad, electrónica y circuitos eléctricos, además, la programación necesaria para su funcionamiento por medio del software Arduino, realizando el montaje del sistema y la evaluación del impacto de la implementación del sensor en escenarios de enseñanza de la física en el aula.

2. Marco de referencia

2.1. Robótica educativa en la enseñanza de las ciencias naturales

En el ámbito educativo, la integración de las Tecnologías de la Información y la Comunicación (TIC) a los procesos de enseñanza y aprendizaje hace parte del desarrollo de ejercicios de innovación pedagógica, de acuerdo con Cartagena y Reyes (2012), la implementación de estrategias de programación y de robótica educativa se consideran escenarios educativos innovadores, en los cuales se aplican actividades propias de las ciencias naturales (medir, cuantificar, evaluar) y se desarrollan habilidades científicas (observación, experimentación, estimación).

En la misma línea, Acosta y Forigua (2015) plantean que la utilización de recursos tecnológicos favorece el desarrollo de procesos mentales de orden superior en los estudiantes, que posteriormente se materializan en un producto en concreto, orientado a solucionar un problema específico del contexto. En este sentido, tal y como lo plantea Moreno et al (2012), el fin último no es solamente la construcción de un dispositivo o sistema funcional, sino también los procesos cognitivos asociados a su desarrollo, sin embargo, también se considera pertinente considerar las afirmaciones de Becerra, Boude y Mendivelso (2020) cuando comentan que si bien la integración de la tecnología en los procesos educativos favorece la construcción de conocimiento, éstas no garantizan por sí mismas el aprendizaje de los estudiantes, por lo que dicha

inclusión requiere de una reflexión del docente sobre sus intenciones y objetivos pedagógicos.

Adicionalmente, se resalta que dentro de los procesos de integración de la tecnología en los procesos educativos surge la robótica y con ello, las propuestas de innovación asociadas a la robótica educativa, al respecto, Cartagena y Reyes (2012), precisan que ésta se trata de una disciplina que introduce los procesos de automatización como un elemento mediador en el aprendizaje de los estudiantes, mientras se fomenta el desarrollo del pensamiento computacional, especialmente en el campo de las ciencias naturales, en donde Rogers y Portsmore (2004) señalan que el uso de la robótica en el aula propicia y favorece la comprensión de principios científicos, potenciando el razonamiento matemático y la comprensión de principios tecnológicos a partir de actividades prácticas.

Adicionalmente, la utilidad de la robótica educativa en los procesos de enseñanza y aprendizaje de la ciencia y la tecnología pretende promover el interés y motivación de los estudiantes, aportando de acuerdo con Zúñiga (2012), a la configuración de ambientes propicios para la resolución de problemas y el desarrollo de habilidades blandas. Así mismo, desde el punto de vista pedagógico, estas iniciativas de robótica educativa, según Pittí, Curto y Moreno (2010), pueden contribuir a la construcción de conocimiento científico desde el paradigma constructivista, por ejemplo, a través del juego o los retos.

La inclusión de la robótica educativa en el aula requiere de la distinción de diversos enfoques señalados por Moreno et al (2012), en donde esta herramienta puede ser concebida como un objeto de aprendizaje en sí mismo, es decir, centrado en la construcción y programación de circuitos

automatizados. Por otro lado, puede ser vista como un medio para el aprendizaje, por ejemplo, la elaboración de montajes para la comprensión de conceptos físicos de electricidad y magnetismo. Por último, puede ser abordada como un recurso de apoyo para el aprendizaje, en el sentido en que genera una aproximación distinta de los contenidos, promoviendo la curiosidad y habilidades científicas.

Lo anterior, con el fin de promover en los estudiantes el desarrollo de las habilidades para el siglo XXI como el trabajo en equipo y la resolución de problemas, generando motivación y curiosidad en ellos, mientras se aporta al desarrollo y construcción de un sistema de educación pertinente y adecuado para la formación de sujetos preparados para afrontar nuevas condiciones que a diario ofrece un mundo que está en constante cambio, también, buscando favorecer el desarrollo de habilidades y destrezas que conduzcan a la construcción de su propio conocimiento, convirtiéndose así en los que Coll (2013) define como aprendices competentes, quienes de acuerdo con Maggio (2018), se caracterizan por tener la capacidad de seguir sus propias trayectorias personales de aprendizaje.

2.2. Circuitos eléctricos y el potencial desarrollo de habilidades científicas

Teniendo en cuenta la perspectiva educativa, de acuerdo con Rodríguez (2020), los circuitos eléctricos se presentan como una oportunidad de potenciar procesos de pensamiento científico en los estudiantes, que son definidos por Boylestad y Nashelsky (2015) como sistemas conformados por componentes conectados entre sí, en donde es posible el flujo de corriente eléctrica, y luego, este cumpla una función determinada. A su vez, los componentes fundamentales de los circuitos corresponden a un generador o fuente de corriente, conductores de electricidad y receptores de carga. Sin embargo, según Usaola y Moreno (2003), existen

también otros componentes, denominados componentes de maniobra, los cuales permiten controlar y regular el funcionamiento del sistema.

Asimismo, es necesario resaltar que el diseño y montaje de un circuito tiene implicaciones en su funcionamiento, es decir, en el comportamiento de la carga eléctrica que fluye a través de él, además del voltaje y el potencial eléctrico asociados al sistema. En este sentido, Naeem (2009) reconoce dos tipos de configuraciones posibles para ensamblar un circuito eléctrico: en serie y en paralelo, de ellos, los circuitos acoplados en serie son aquellos que poseen un único camino para el flujo de corriente a través del circuito, mientras que los circuitos en paralelo ofrecen dos o más rutas de paso de la carga eléctrica en movimiento, además, la fusión de los dos tipos anteriores en un mismo sistema se establece como una configuración mixta.

2.3. Arduino en la construcción de sistemas electrónicos

Actualmente existen diversos sistemas destinados a la construcción de circuitos complejos con fines aplicados. Dentro de estos, se destaca Arduino, que de acuerdo con investigadores de la Universidad Industrial de Santander (2014), es una plataforma de código libre diseñada para elaborar proyectos de electrónica en un entorno gráfico de desarrollo que usa un lenguaje de programación processing/writing; en lo que respecta al hardware está compuesta por un microcontrolador y puertos de entrada y salida” (p. 2).

El funcionamiento del kit Arduino se fundamenta a partir de los principios y componentes básicos de la electrónica y la programación de computadoras. Adicionalmente, el sistema se conforma de sensores que son dispositivos que permiten la recolección de datos del entorno, en condiciones controladas y no

controladas, permitiendo así, estructurar proyectos de investigación en el aula.

Teniendo en cuenta lo mencionado anteriormente, se decide desarrollar este estudio con el siguiente interrogante. ¿De qué forma la construcción de circuitos eléctricos en Arduino favorece la habilidad científica de la medición? Buscando cumplir el objetivo de potenciar habilidades científicas en los estudiantes de grado sexto del Colegio Jorbalán en el área de física.

3. Metodología

El presente estudio está asociado al trabajo de investigación realizado en la asignatura Desarrollo del Pensamiento Científico de la Licenciatura en Ciencias Naturales de la Universidad de La Sabana y se enmarca dentro de los estudios cualitativos, así mismo, la propuesta del proyecto tiene un alcance de tipo exploratorio, considerando, entre otros factores que el investigador se está aproximando al conocimiento técnico necesario para construir el sistema en Arduino y también al conocimiento pedagógico para implementar un recurso en el aula de clase y evaluar su impacto. Adicionalmente, la población objetivo de este proyecto corresponde a estudiantes de grado sexto del Colegio Jorbalán de Chía, cuyas edades oscilan entre los 10 y 12 años y su estrato socioeconómico está entre 2 y 4.

La metodología propuesta para llevar a cabo este proyecto, de acuerdo con Becerra (2014), contempla la importancia de que los profesores en formación desarrollen estrategias de aula innovadoras y llamativas que conduzcan a complementar las clases y la construcción de conceptos por parte de los estudiantes; además, se sustenta desde las etapas mencionadas por Steinbeck (2011), para desarrollar una ruta de innovación contempladas por el Design Thinking, que consisten en una ruta metodológica que permite la generación de ideas y prototipos que permiten transformar las realidades, centrando su eficacia en entender y dar solución a las

problemáticas reales de las personas teniendo en cuenta su contexto próximo.

Al respecto, las propuestas del Design Thinkin parten de la identificación de las necesidades (en este caso una necesidad educativa) de la comunidad en un proceso, que se denomina fase de empatía, para luego, hacer un ejercicio de definición en el cual se busca la solución más acertada para conseguir un resultado innovador, que aporte a la solución de la problemática, posteriormente, se llega a la etapa de Ideación, en la cual se identifica cuál es la solución más acertada, la solución más viable y la que conduce a la construcción de un prototipo viable, para luego, llegar a la fase de prototipado, en la cual se construye el prototipo ideado en la fase anterior, para finalmente, proceder a la fase de testeo o evaluación, en la cual se busca medir el impacto de la propuesta y obtener una realimentación del proceso.

Siguiendo estas propuestas, en la tabla 1, se detallan las etapas del proceso llevado a cabo en la investigación configurando cada un ejercicio de innovación con las propuestas del Design Thinking.

Tabla 1. Etapas del Design Thinking.

Etapa	Descripción
Empatizar	Identificación del contexto, características y población de la institución educativa. Identificación de la necesidad de aprendizaje de la comunidad. Aproximación al montaje experimental con el uso de Arduino.
Definir	Implementación de sesiones mediadas con el uso de Arduino como estrategia de enseñanza de la física en estudiantes de grado sexto.
Idear	Proponer las funciones y características del montaje a realizar. Establecer la estrategia adecuada de intervención en aula.
Prototipar	Diseñar el prototipo del circuito en Arduino. Planear la intervención en aula

Evaluar Validar el funcionamiento del montaje y verificar las observaciones cuantitativas posibles de realizar. Implementar la experiencia en el aula y establecer resultados cualitativos de la investigación.

Descripción de las etapas de la metodología Design Thinking aplicada a la experiencia de aula.

Fuente: Elaboración propia.

La experiencia se desarrolló en una sesión de trabajo en el aula de física correspondiente a dos horas, cuyo propósito de aprendizaje fue aproximarse a la construcción de montajes simples, empleando Arduino como herramienta, mediante el trabajo colaborativo.

4. Resultados

4.1. Funcionamiento del montaje en Arduino

Como producto del desarrollo del prototipo se derivó la construcción de un montaje en Arduino, el cual permite determinar la distancia que separa un sensor incluido en el montaje a un objeto determinado, el diseño del circuito en Arduino fue construido a partir del montaje ilustrado en la figura 2, el cual se compone de un sensor ultrasónico HC-SR04 que permite determinar la distancia de un objeto en un rango de entre 2 cm y 450 cm. También, el sistema permite visualizar los datos en una pantalla LCD de 16 cm de largo x 2cm de ancho, que corresponde a un pequeño dispositivo con pantalla de cristal líquido de dos filas, que además permite mostrar información alfanumérica, haciendo uso de un adaptador I2C. A su vez, para realizar el circuito se emplean puentes macho-macho, un protoboard y la placa Arduino Uno.

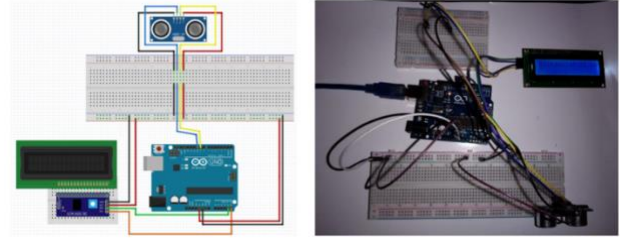


Figura 1. Diagrama del montaje y funcionamiento del sensor de proximidad en Arduino.

Fuente: Elaboración propia.

Desde el punto de vista de la explicación del funcionamiento, es relevante precisar que un sensor es un dispositivo que detecta información del entorno, incorporando variables de control y magnitudes de acuerdo con un sistema de referencia definido. Específicamente, de acuerdo con Marcos, Pérez Quintans y Vilas (2007), un sensor ultrasónico es un componente que permite detectar la presencia de objetos en un rango de área determinado. De manera puntual, un sensor ultrasónico de proximidad es un sistema, cuya medición se basa en el tiempo que emplea un pulso ultrasónico emitido en reflejarse en un objeto y ser captado por el receptor del sensor, la figura 2 ilustra un esquema resumen de su funcionamiento.

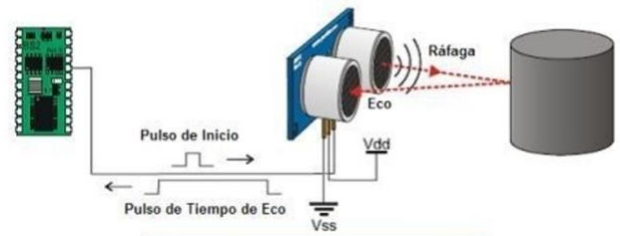


Figura 2. Funcionamiento de un sensor ultrasónico HC-SR04. **Fuente:** <https://n9.cl/mg7g5>

Otro de los componentes electrónicos principales en el montaje del circuito es la pantalla LCD, que consiste en un sistema integrado de pines que permiten visualizar datos alfanuméricos que son obtenidos en el montaje realizado en Arduino. Se resalta que, el funcionamiento de este componente se basa en la polarización de las moléculas

contenidas en un cristal líquido, que genera una rotación que permite ilustrar el carácter y el color deseados de acuerdo con la programación diseñada. El componente consta de 16 pines ubicados en dos filas, tal y como se evidencia en la figura 3.

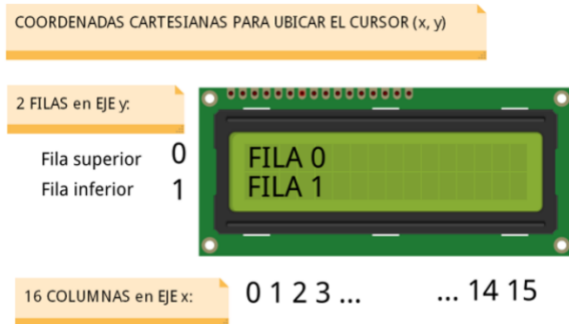


Figura 3. Funcionamiento de una pantalla LCD. **Fuente:** <https://educarparaelcambio.com/arduino/reto-4-liquid-crystal-display-pantalla-lcd/>

4.2. Construcción del sensor de proximidad en el aula de física

Por otro lado, la estrategia de implementación en el aula se desarrolló en una sesión de trabajo de dos horas con los estudiantes de grado sexto del Colegio Jorbalán de Chía, en donde se brindó una primera aproximación a los circuitos eléctricos ensamblados en Arduino. En primer lugar, se expuso de manera general el funcionamiento de la placa, sus propiedades, sus características y la diversidad de montajes que se pueden realizar con ella. En segundo lugar, se procedió a realizar el montaje por grupos de trabajo, para esto, se presentó a los estudiantes el diagrama pictórico del montaje a construir y su funcionalidad, con esto los estudiantes tuvieron un espacio para la construcción del circuito con el acompañamiento del profesor y además el trabajo en grupo permitió evidenciar un trabajo colaborativo entre los estudiantes, quienes de forma autónoma definieron roles en sus equipos de trabajo con el fin de llegar a la construcción adecuada del montaje y la construcción colaborativa de saberes.

Como se puede observar en la figura 4, se evidencia a los estudiantes desarrollando el circuito propuesto compuesto de un display de 4 dígitos, con el propósito de familiarizarse con Arduino, allí, se resalta la emoción y asombro que genera Arduino en los estudiantes.

En el análisis de los resultados de la sesión, es posible realizar un ejercicio de indagación informal de la experiencia vivida por los estudiantes en el proceso de construcción del montaje, esto permite identificar que Arduino es una herramienta novedosa, que genera curiosidad en los estudiantes y permite centrar la atención en un objetivo común, propiciando la construcción de conocimiento de forma colaborativa.

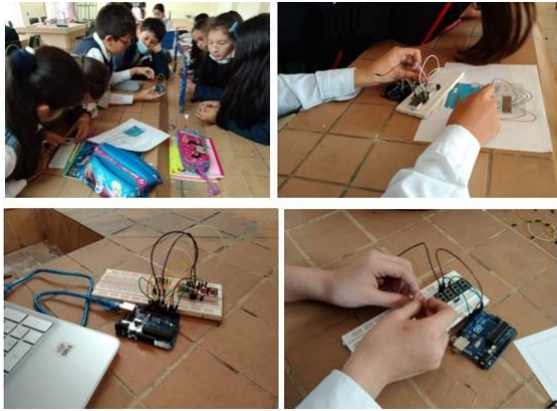


Figura 4. Imágenes de la experiencia de aula con los estudiantes.

Fuente: Elaboración propia

Sin embargo, vale la pena resaltar que, en el desarrollo de la propuesta, para los estudiantes de grado sexto fue complejo tener un acercamiento a la construcción de circuitos eléctricos con Arduino porque este componente no ha sido trabajado de manera frecuente en las clases de ciencias naturales, lo anterior, permite realizar un ejercicio de reflexión que lleva a identificar que el desarrollo de actividades experimentales no solo genera motivación y atracción a los estudiantes, sino que también permite a los estudiantes evidenciar aplicaciones tangibles de los conocimientos adquiridos en la clase de física, y que el estudio de ésta no se limita a la comprensión teórica de los fenómenos naturales, el desarrollo mecánico de ejercicios y resolución de problemas en los cuales, solo se memoriza una fórmula y se reemplazan datos de las variables.

Lo anterior se hizo evidente, cuando al finalizar la actividad y por medio de su lenguaje verbal, los estudiantes manifestaron su agrado con la actividad realizada y expresaron la voluntad de seguir explorando y aprendiendo sobre Arduino, sin embargo, también fue posible evidenciar una resistencia por parte de algunos estudiantes para usar el montaje con Arduino, ya que tenían preconcepciones acerca de su dificultad para manejar la plataforma, junto con la concepción de manejar artefactos costosos y el miedo a dañarlos.

4.3. Mediciones convencionales en física, haciendo uso del sensor de proximidad en Arduino

En el análisis de resultados de este componente de la investigación, se evidencia que, el proceso de registro de datos cuantitativos a partir de la función del circuito se llevó a cabo con los estudiantes en donde se seleccionaron diversos objetos del aula y una vez el montaje estaba funcionando se establecieron distancias de separación definidas de manera arbitraria.

Los estudiantes en primer lugar definieron distancias contabilizando pasos, posteriormente, ellos sugirieron medir con un metro para conocer un valor numérico de la distancia y posteriormente, ubicaron el objeto de tal forma que fuese detectado por el sensor ultrasónico.

En la tabla 2 los estudiantes registraron los datos obtenidos y el profesor introdujo dos nuevos valores para el análisis de mediciones, los cuales son el error relativo y el error absoluto. El primero muestra el tamaño del error respecto al valor verdadero (es adimensional). Por otro lado, el segundo, es la resta entre el valor real y el valor observado (tiene unidad de medida). Por último, los estudiantes calcularon el porcentaje de error, con base en los dos valores previos. En la figura 5 se evidencia el proceso de medición realizado por los estudiantes.

Tabla 2. Mediciones convencionales y no convencionales de distancia de objetos.

Objeto	Pasos	Distancia (cm) Medición con metro	Distancia (cm) Medición con Arduino	Error Relativo	Error Absoluto (cm)
Cuaderno	0,5	16	10	1,60	6
Cartuchera	1,0	27	17	1,59	10
Lápiz	1,5	42	36	1,17	6
Maleta	2,0	52	53	1,02	1
Carro de juguete	2,5	68	65	1,05	3

Mediciones de objetos realizadas por los estudiantes utilizando instrumentos convencionales y el sensor elaborado en Arduino. **Fuente:** Elaboración propia.



Figura 5. Imágenes del proceso de medición desarrollado por los estudiantes. **Fuente:** Elaboración propia.

A partir de la implementación del montaje, los estudiantes vivieron un proceso en el que inicialmente realizaban medidas con procesos no convencionales (con los pies) y sin patrones exactos de medida, a un proceso que implicaba la toma de medidas de una forma más convencional, exacta y con exactitud de medidas de tipo cuantitativo (con el instrumento de medición y el sensor). Adicionalmente, se aproximó a los estudiantes a realizar un tratamiento de datos formal al calcular los tipos de errores y porcentajes.

Lo anterior, permite evidenciar que Arduino en el aula puede tener múltiples propósitos en la educación, los cuales pueden ir desde la generación de curiosidad en los estudiantes y de allí propiciar ejercicios de construcción de conocimiento, el fomento del pensamiento científico y computacional, y por supuesto, la generación de estrategias de enseñanza que integren las áreas STEM, en este caso particular ciencias con la medición de magnitudes físicas (distancia y conceptos de física), matemáticas (cálculos y mediciones) y tecnología (funcionamiento y programación del circuito).

Así mismo, con el desarrollo de la actividad fue posible evidenciar en los estudiantes actitudes positivas hacia la propuesta llevada al aula, dichas actitudes fueron visibles cuando los estudiantes manifestaban curiosidad y asombro al momento de construir el montaje en Arduino, expresando su

satisfacción al evidenciar su funcionamiento. Esta experiencia favoreció el trabajo en equipo entre los estudiantes, quienes definieron roles para elaborar el circuito bajo las orientaciones del profesor.

Por otro lado, con el desarrollo de la propuesta y en el ejercicio de implementación con los estudiantes, fue posible corroborar las afirmaciones de Arias, Jadán y Gómez (2019), cuando mencionan que, las estrategias de innovación y particularmente, de innovación educativa que vinculan el proceso y propuestas del Design Thinking, no solo desarrollan la creatividad de los estudiantes, sino que también potencia la motivación hacia el aprendizaje y la participación de los estudiantes en la construcción de su conocimiento.

5. Conclusiones y/o consideraciones finales

Con el desarrollo de la propuesta, se permite reconocer que el proceso de construcción de circuitos en Arduino permite desarrollar habilidades de pensamiento científico y lógico en los estudiantes, además, a partir de la motivación de estos en la participación en las sesiones de clase es posible plantear escenarios de innovación educativa para la clase de física, en la cual no se centre el conocimiento en la resolución mecánica de ejercicios y la memorización de fórmulas matemáticas.

Adicionalmente, se reconoce que la implementación de un sensor de proximidad en el aula de física permite a los estudiantes transitar de mediciones no convencionales a mediciones formales. En síntesis, se puede establecer que Arduino se configura como una herramienta educativa que permite brindar alternativas de solución a problemáticas relacionadas con la enseñanza y el aprendizaje de las ciencias naturales en contextos formales, dinamizando los contenidos de enseñanza y aportando a la configuración de ambientes de aprendizaje colaborativos y basados en la indagación.

Finalmente, el desarrollo de la propuesta permite evidenciar la capacidad de los profesores en formación para plantear estrategias de enseñanza

innovadoras que permiten la solución de problemáticas educativas reales, además, en dicho proceso es posible vincular las propuestas del Design Thinking en los procesos de planeación e implementación de herramientas como Arduino en procesos de enseñanza y aprendizaje de las ciencias naturales.

6. Referencias

- Acosta Castiblanco, M., Forigua Sanabria, C. P., & Navas Lora, M. A. (2015). **Robótica Educativa: un entorno tecnológico de aprendizaje que contribuye al desarrollo de habilidades**. [Tesis de maestría, Pontificia Universidad Javeriana de Bogotá, Colombia] Repositorio Institucional - Pontificia Universidad Javeriana. <https://repository.javeriana.edu.co/handle/10554/17119>
- Arias, H., Jadán, J., y Gómez, L. (2019). **Innovación educativa en el aula mediante Design Thinking y Game Thinking**. Revista de divulgación científica Hamut'ay, 6 (1), 82-95. Recuperado de: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=6974899>
- Becerra, D. (2014). **Estrategia de aprendizaje basado en problemas para aprender circuitos eléctricos**. Revista Innovación Educativa, 14 (64), 73-99. Recuperado de: <https://www.scielo.org.mx/pdf/ie/v14n64/v14n64a7.pdf>
- Becerra, D., Boude, O., & Mendivelso, M. (2020). **Percepciones de profesores y estudiantes sobre la enseñanza remota durante la pandemia COVID-19: caso del Colegio Misael Pastrana Borrero**. Revista Educacion Química, 31 (5), 129-135. DOI: <http://dx.doi.org/10.22201/fq.18708404e.2020.5.77086>
- Boylestad, R., Nashelsky, L. (2015). **Electrónica: Teoría de circuitos y dispositivos electrónicos**. Pearson Education, Décima Edición. Recuperado de: <https://n9.cl/xlts>
- Cartagena, Y. G., & Reyes, D. (2012). **Robótica educativa y su potencial mediador en el desarrollo de las competencias asociadas a la alfabetización científica**. Revista educación y tecnología, (2), 42-55. Recuperado de: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=4502555>
- Coll, S. (2013). **El currículo escolar en el marco de la nueva ecología del aprendizaje**. Revista Aula de Innovación Educativa, 1(219), 31-36. Recuperado de: <https://diposit.ub.edu/dspace/bitstream/2445/53975/1/627963.pdf>
- Maggio, M. (2018). **Habilidades del siglo XXI: cuando el futuro es hoy**. Documento básico. Recuperado de: http://www.fundacionsantillana.com/PDFs/XIII_For_o_Documento_Basico_WEB.pdf
- Marcos, J., Pérez, S., Quintans, C., & Vilas, J. (2007). **Sistema multimedia para la enseñanza de los sensores de proximidad**. VIII Congreso de Tecnología, Aprendizaje y Enseñanza de la Electrónica (TAE).
- Moreno, I., Muñoz, L., Serracín, J. R., Quintero, J., Patiño, K. P., & Quiel, J. (2012). **La robótica educativa, una herramienta para la enseñanza-aprendizaje de las ciencias y las tecnologías**. Teoría de la Educación. Educación y Cultura en la Sociedad de la Información, 13(2), 74-90. Recuperado de: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=201024390005>
- Naeem, W. (2009). **Concepts in electric circuits**. Bookboon. Recuperado de: <https://bookboon.com/en/concepts-in-electric-circuits-ebook>
- Pittí, K., Curto, B. & Moreno, V. (2010). Experiencias constructoras con robótica educativa en el Centro Internacional de Tecnologías Avanzadas. TESI. (11)1, 310-329. http://campus.usal.es/%7Erevistas_trabajo/index.php/revistatesi/article/view/6294/6307
- Rodríguez, E. (2020). **Los niveles argumentativos y su relación con los modelos explicativos del concepto de circuitos eléctricos**. Recuperado de: <https://revistas.pedagogica.edu.co/index.php/TED/article/view/11874/9435>

Rogers, C., & Portsmore, M. (2004). **Bringing engineering to elementary school**. Journal of STEM Education: innovations and research, 5(3). Recuperado de: http://greenframingham.org/stem/research/item1_bring_engr_elem021505.pdf

Steinbeck, R. (2011). **Building creative competence in globally distributed courses through design thinking**. Comunicar. Media Education Research Journal, 19(2). Recuperado de: https://www.scipedia.com/public/Steinbeck_2011a

Universidad Industrial de Santander (2014). **Introducción a Arduino**. Recuperado de: <https://halley.uis.edu.co/tierra/wp-content/uploads/2014/12/arduino.pdf>

Usaola García, J., & Moreno López de Saá, M. (2003). **Circuitos eléctricos: problemas y ejercicios resueltos**. Recuperado de: <https://n9.cl/sln3g>

Zúñiga, A. L. A. (2012). **Diseño y administración de proyectos de robótica educativa: lecciones aprendidas**. Teoría de la Educación. Educación y Cultura en la Sociedad de la Información, 13(3), 6-27. Recuperado de: <https://revistas.usal.es/tres/index.php/eks/article/view/9126/9355>



UNIVERSIDAD DISTRITAL
FRANCISCO JOSÉ DE CALDAS

Góndola, Enseñanza y Aprendizaje de las Ciencias

Número especial, v18, 2023.
11 Congreso Nacional de Enseñanza de la Física y la Astronomía



Resultado de Investigación

CARACTERIZACIÓN FENOMENOLÓGICA DE LA PERMEABILIDAD MAGNÉTICA: UN ANÁLISIS DE LA ACTIVIDAD EXPERIMENTAL EN LA RECONSTRUCCIÓN DE SABERES.

PHENOMENOLOGICAL CHARACTERIZATION OF MAGNETIC PERMEABILITY: AN ANALYSIS OF EXPERIMENTAL ACTIVITY IN THE RECONSTRUCTION OF KNOWLEDGE

CARACTERIZAÇÃO FENOMENOLÓGICA DA PERMEABILIDADE MAGNÉTICA: UMA ANÁLISE DA ATIVIDADE EXPERIMENTAL NA RECONSTRUÇÃO DO CONHECIMENTO

Carlos Andrés Niño Montenegro *

Niño C. (2023). Caracterización fenomenológica de la permeabilidad magnética: un análisis de la actividad experimental en la reconstrucción de saberes. *Góndola, Enseñanza y Aprendizaje de las Ciencias*, Número especial, v18, pp.1-18.

Resumen

En la enseñanza de la física se desconocen algunos aspectos fenomenológicos, éstos se encuentran inmersos en problemáticas que originaron conceptos físicos; por ejemplo, en la enseñanza del magnetismo, se trabajan aspectos teóricos acordes a los tiempos y espacios originales, pero no presentan discusiones, reflexiones y experiencias que den origen a la construcción de la magnitud física que relaciona, como la permeabilidad magnética con los efectos magnéticos evidenciados en la actividad experimental y la interpretación de los mismos; esto posibilita que la cualidad física que subyace en la comprensión y de la relación del campo magnético con los elementos matemáticos que permiten su medición. Se establece una relación entre el sujeto y el objeto y el objeto en la organización de las representaciones para expresar sus observaciones. Es aquí que la experiencia se convierte en el inicio a un mundo de conocimiento y de interacción directa con el fenómeno que permite plantear interpretaciones, cualidades y variables, estas ponen en diálogo a aquellos científicos que permitieron hacer parte fundamental de la relación de la permeabilidad con las variaciones magnéticas del espacio físico. Desde las ideas y conceptos de polaridad magnética, líneas de fuerza magnética, medios físicos y materiales se plantea una organización experimental donde se evidencia, aclara y amplía las observaciones y saberes de los sujetos tengan del fenómeno de la permeabilidad; en el proceso de la actividad experimental se proporcionan las cualidades, indicadores e instrumentos de medida; los cambios experimentales de las formas, densidades y direcciones de

* Magister en Docencia de las Ciencias Naturales (UPN), Secretaría de Educación del Distrito (Bogotá D.C.), Colombia, mfct_cnino076@pedagogica.edu.co, ORCID <https://orcid.org/0000-0001-7091-3508>.

los indicadores, logran clasificar y ordenar diferentes materiales, así llegar a construir diversas representaciones para expresar sus observaciones. Además, permite una organización y clasificación de los diferentes medios físicos por su permeabilidad magnética evidenciando y ampliando las experiencias para abordar el campo magnético, es decir, desde una perspectiva fenomenológica de la permeabilidad magnética como un análisis de la actividad experimental en la reconstrucción de saberes, para la enseñanza de los fenómenos físicos mediante la construcción de explicaciones, la clasificación y ordenación desde los efectos observables en el permeabilímetro: ¿Cuáles aspectos fenomenológicos de la actividad experimental, permiten la construcción y comprensión de la magnitud física de la permeabilidad magnética?

Palabras-Clave: Enseñanza y formación; Educación científica; Pedagogía experimental; Instrumentos de medición.

Abstract

In the teaching of physics, some phenomenological aspects are unknown, these are immersed in problems that originated physical concepts; for example, in the teaching of magnetism, theoretical aspects are worked according to the original times and spaces, but do not present discussions, reflections and experiences that give rise to the construction of the physical magnitude that relates, such as magnetic permeability with the magnetic effects evidenced in the experimental activity and the interpretation of the same; This enables the physical quality that underlies the understanding and the relationship of the magnetic field with the mathematical elements that allow its measurement. A relationship is established between the subject and the object and the object in the organization of representations to express its observations. It is here that the experience becomes the beginning of a world of knowledge and direct interaction with the phenomenon that allows to raise interpretations, qualities and variables, these put in dialogue those scientists who allowed to make a fundamental part of the relationship of permeability with the magnetic variations of physical space. From the ideas and concepts of magnetic polarity, lines of magnetic force, physical media and materials, an experimental organization is proposed where the observations and knowledge of the subjects about the phenomenon of permeability are evidenced, clarified and expanded; in the process of the experimental activity, the qualities, indicators and measuring instruments are provided; the experimental changes of the shapes, densities and directions of the indicators, they manage to classify and order different materials, thus getting to build different representations to express their observations. In addition, it allows an organization and classification of the different physical media by their magnetic permeability, evidencing and expanding the experiences to approach the magnetic field, that is, from a phenomenological perspective of magnetic permeability as an analysis of the experimental activity in the reconstruction of knowledge, for the teaching of physical phenomena through the construction of explanations, classification and ordering from the observable effects in the permeabilimeter:

What phenomenological aspects of the experimental activity, allow the construction and understanding of the physical magnitude of magnetic permeability? Translated with www.DeepL.com/Translator (free version)

Keywords: Teaching and training; Science education; Experimental pedagogy; Measuring instruments.

Resumo

No ensino da física, alguns aspectos fenomenológicos são desconhecidos, estes estão imersos em problemas que deram origem a conceitos físicos; por exemplo, no ensino do magnetismo, os aspectos teóricos são trabalhados de acordo com os tempos e espaços originais, mas não apresentam discussões, reflexões e experiências que dão origem à construção da magnitude física que se relaciona, tais como a permeabilidade magnética com os efeitos magnéticos evidenciados na actividade experimental e a interpretação da mesma; Isto permite a qualidade física que está subjacente à compreensão e à relação do campo magnético com os elementos matemáticos que permitem a sua medição. É estabelecida uma relação entre o sujeito e o objecto e o objecto na organização das representações para expressar as suas observações. É aqui que a experiência se torna o início de um mundo de conhecimento e interacção directa com o fenómeno que permite suscitar interpretações, qualidades e variáveis, estas colocam em diálogo os cientistas que permitiram fazer parte fundamental da relação da permeabilidade com as variações magnéticas do espaço físico. A partir das ideias e conceitos de polaridade magnética, linhas de força magnética, meios físicos e materiais, é proposta uma organização experimental onde as observações e conhecimentos dos sujeitos sobre o fenómeno da permeabilidade são evidenciados, esclarecidos e ampliados; no processo da actividade experimental, são fornecidas as qualidades, indicadores e instrumentos de medição; as mudanças experimentais nas formas, densidades e direcções dos indicadores, conseguem classificar e ordenar diferentes materiais, conseguindo assim construir diversas representações para expressar as suas observações. Além disso, permite uma organização e classificação dos diferentes meios físicos pela sua permeabilidade magnética, evidenciando e expandindo as experiências para abordar o campo magnético, ou seja, de uma perspectiva fenomenológica da permeabilidade magnética como análise da actividade experimental na reconstrução do conhecimento, para o ensino dos fenómenos físicos através da construção de explicações, classificação e ordenação a partir dos efeitos observáveis no permeabilímetro: ¿Que aspectos fenomenológicos da actividade experimental permitem a construção e compreensão da magnitude física da permeabilidade magnética?

Palavras-chave: Ensino e formação; Educação científica; Pedagogia experimental; Instrumentos de medição.



1. Introducción

En la organización de los fenómenos magnéticos, respecto a la concepción de la permeabilidad magnética que se encuentra en referentes bibliográficos y en el contexto de enseñanza-aprendizaje se visualizan dificultades conceptuales, debido a que se desconocen las rutas explicativas desde un contexto experimental y los ambientes propicios que indujeron a los planteamientos, conflictos, discusiones, reflexiones históricas y epistemológicas que se presentaron en la conceptualización y experimentación sobre la permeabilidad magnética. Conceptualmente se plasma de forma algorítmica, se deja de lado la comprensión y construcción fenomenológica de la permeabilidad magnética, desde la idea de estado magnético. Se considera que es necesario organizar rutas explicativas desde la interpretación y argumentación de los efectos y las interacciones en diferentes medios físicos en presencia de otros cuerpos en diferentes estados magnéticos. Para esto, es conveniente realizar un estudio y una caracterización de los diferentes contextos que emergen; las relaciones entre lo histórico, conceptual y experimental desde sus inicios hasta Faraday y sobre todo sus implicaciones experimentales y didácticas en el contexto pedagógico escolar. En este orden de ideas resulta relevante plantear la siguiente afirmación fundamental:

La perspectiva fenomenológica de la permeabilidad magnética contribuye a la ampliación de las experiencias de los sujetos y a la recontextualización de nuevas concepciones en la enseñanza de las ciencias, desde un análisis histórico-crítico y la construcción de una magnitud física en el aula (Niño, 2021).

2. Marco de referencia

Para comprender los contextos, concepciones, reflexiones y ambientes que condujeron a la construcción y organización de la fenomenología de los comportamientos magnéticos del espacio físico; en especial, la idea de permeabilidad magnética, desde la experiencia de la interacción entre distintos medios magnéticos, surge la necesidad de analizar cuáles fueron los aspectos históricos, conceptuales y teóricos, pero sobre todo la actividad experimental realizada por Michael Faraday en su obra *Experimental Researches in the Electricity* y de otros que contribuyeron a la construcción de las magnitudes magnéticas, lo que permite la interpretación de la experiencia sensorial y de la relación sujeto - objeto, permitiendo así la construcción de nuevas imágenes de la ciencia.

La ampliación de la experiencia de los sujetos se da a través de la observación del fenómeno y necesita primero una organización de prácticas experimentales, que permitan realizar descripciones, interpretaciones y reconstrucciones del fenómeno de permeabilidad magnética, como una magnitud física. Luego, por medio de criterios experimentales permitir la construcción de un instrumento de medida, como lo es el permeabilímetro, y con éste realizar mediciones de los cambios de las acciones magnéticas en diferentes medios físicos, logrando la construcción de explicaciones desde los efectos observados y la recontextualización de saberes en ciencias como un aspecto cultural.

Según Koponen:

En la enseñanza de la física, la experimentalidad es un componente integral para dar el punto de partida de la formación y conceptualización del conocimiento. Sin embargo, la epistemología de los

experimentos no suele abordarse directamente en la literatura educativa y pedagógica. Esto justifica un intento de producir una reconstrucción aceptable del papel epistemológico de los experimentos en física extrayendo conocimientos de la historia y la filosofía de la física. Con ese fin, se discute el papel de los experimentos en la física del siglo XIX. (Koponen, IT y Mantyla, T. 2006, p.31).

Con estas afirmaciones se da un viraje a las investigaciones en la enseñanza de las ciencias, en donde el conocimiento es una reconstrucción de tipo inductivo con la naturaleza y se basa en la epistemología de los experimentos. En el lenguaje, se evidencia si los conocimientos se van transformando mediante la actividad experimental, debido a que, los efectos observados en las prácticas experimentales en el ámbito educativo son interpretados y para este trabajo posibilita la reconstrucción de una concepción de la permeabilidad magnética convirtiéndose en un punto de partida para que los estudiantes se apropien y construyan sus conocimientos desde la actividad experimental.

Por tal motivo, la diversidad de trabajos de la relación experimental y teórica de los fenómenos magnéticos no puede reducirse a la validación de una teoría de permeabilidad magnética algorítmica. Además, por su carácter fenomenológico, debe establecer una nueva concepción de la actividad experimental en el “mundo real”, este entendido como el saber del sujeto y no el mundo externo que lo rodea.

2.1 Aspectos fenomenológicos para la comprensión de los fenómenos magnéticos.

La actividad experimental da una alternativa a las diferentes formas de comprender los fenómenos, pero no como una verdad total, sino, como un proceso dónde se expone como la concepción natural de los fenómenos magnéticos entran en contradicción con las observaciones de los sujetos, de sus efectos experimentales, lo que los encamina a tener una imagen del objeto, es decir, a formarse un significado de la permeabilidad magnética; en los

procesos de enseñanza los educandos también deben realizar estos mismos procesos para recontextualizar sus procesos de enseñanza-aprendizaje para la comprensión de los fenómenos. El objetivo de la fenomenología no es resolver el problema del conocimiento, sino mostrar el camino hasta dicho problema, es decir, un proceso, dejando la idea de la construcción de un instrumento de medida como base para la ampliación de los sentidos y su relación con el experimento. En este sentido, permite establecer cómo percibe el sujeto el objeto en el proceso experimental, teniendo como base sus experiencias sensibles, es decir, no se conoce el objeto en sí, sino como lo vive el sujeto y lo concibe en la experiencia de los sujetos. Es decir, nunca podemos conocer cómo está constituido el mundo magnético en sí, sino desde nuestra conciencia de cómo los cuerpos se atraen.

Se han revisado diferentes posturas sobre la caracterización del fenómeno, las intencionalidades y su proceso experimental, y se han organizado diferentes montajes que, al llevarlos al aula, establecer relaciones fenomenológicas para la construcción de conocimiento; comenzando con el papel que juega la experiencia sensible del estudiante en la construcción de los fenómenos magnéticos. También la generación de ambientes de aprendizaje y la construcción de seminarios de investigación para sistematizar la experiencia en el aula.

Como se observa en la ilustración 1, la actividad experimental busca dar orden para llegar a la construcción de un concepto científico, en este caso, permeabilidad magnética, partiendo desde la experiencia sensible, es decir lo que podemos apreciar y explicar por medio de los sentidos; esta experiencia sensible debe tener tres puntos muy claros, el primero es la intencionalidad de esa observación, es decir que se debe tener un objetivo claro; el segundo paso es el diálogo y reflexiones, aquí se pretende interactuar con la



Ilustración 1. Captura del mapa de la actividad experimental en la enseñanza de la Física.

Fuente: Autoría del docente investigador

teoría, diferentes saberes que aporten a la observación y realizar diferentes reflexiones que apoyen o refuten la observación y por último se encuentra la organización experimental que permite ampliar la experiencia con observaciones más detalladas, mediciones por medio de instrumentos de medida y por medio de situaciones problemáticas con el fenómeno establecer criterios experimentales que permite exponer el análisis conceptual de los cambios que se manifiestan y desde sus saberes recontextualizar lo que concibe como su mundo y expresar los fenómenos magnéticos; desde cuánto es más un medio permeado magnéticamente que otro.

La experiencia sensible, no solamente se limita a la observación, sino que ella es el inicio a una elaboración cognitiva más compleja acerca de la relación pensamiento – lenguaje dentro de un contexto cultural; como lo reafirma Vygotsky (Congo, Bastidas, & Santiesteban, 2018, pág. 155-160.), el lenguaje es una de las funciones representativas y comunicativas del entorno, puesto que no depende exclusivamente del desarrollo cognitivo, sino también de la interacción con el medio.

Que esto ocurra, hace resaltar un aspecto esencial de la observación, y es la intencionalidad que ésta requiere, es necesario decidir qué se quiere buscar o indagar cuando se observa. Si en el caso del imán se quiere indagar sobre qué materiales interactúan

de mejor manera con éste. Entonces, la observación no se fundamenta en descubrir cosas nuevas, surgidas de la nada, sino en seguir un orden conceptual de análisis, guiado por la razón que permita organizar los efectos sensibles y entender la realidad (Malagón, 2011). Aquí, “El lenguaje desempeña un papel importante en la ampliación de la experiencia porque es el que permite comunicar las construcciones conceptuales que en el proceso los sujetos desarrollan”. (Rodríguez, M. L. 2014, p IX). Por ello es importante tener en cuenta los tres momentos que tiene la observación: observar lo que se va a describir (forma de mirar el fenómeno físico); relación entre conocimientos y forma de pensamiento y establecer las condiciones para observar y delimitar los efectos que se quieren analizar en el cual su comportamiento conllevara a constituir una imagen de realidad coherente fundamentada en lo que se percibe. (Bravo. 2012, Pág. 6).

Por lo tanto, el conocimiento científico o la construcción de fenómenos físicos, es entendido por los estudiantes como un mundo externo a ellos, asumiendo que su comprensión es solamente para los científicos y se alejan de este tipo de aprendizajes en ciencias naturales; lo que se pretende con la fenomenología es que los estudiantes partan desde sus saberes y mediante el trabajo colaborativo, ambientes de aprendizaje y el juego de roles en la actividad experimental, evidencien que el conocimiento científico está al alcance de ellos; invitarlos a realizar reflexiones desde su lenguaje cotidiano para relacionarlo con el lenguaje científico y llegar a explicar el mundo magnético haciéndolos conscientes que ellos son los productores de ese conocimiento científico.

2.2. Perspectiva histórica - experimental que orientó la comprensión de la permeabilidad magnética de los medios físicos.

Como se evidenció en el diálogo experimental histórico ilustración 2, el camino de la construcción de la idea de un mundo magnético, donde los cuerpos sufren cambios, Faraday (Siglo XVII) y sus

antecesores querían llegar a la idea de un todo en donde cada parte, de ese todo, es afectado en su configuración, donde los cuerpos dejan de ser cuerpos y ahora son medios en donde se generan las interacciones y surgen cambios espaciales, varia medios y sus efectos cambiaran, por tal motivo las formas de representar el fenómeno se amplía.

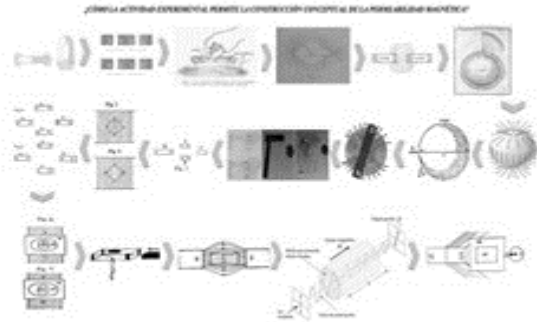


Ilustración 2. Captura de la recontextualización del diálogo experimental.

Fuente: Autoría del docente investigador, recopilación de imágenes.

Los trabajos de Michael Faraday sobre fuerzas magnéticas explican fenómenos sobre la permeabilidad magnética, al igual que autores como William Gilbert. Dan claridad para identificar problemáticas conceptuales y experimentales que se pueden llevar al aula para darle una contextualización a los saberes del comportamiento magnético de los medios físicos. Ilustración 3, desde la idea de cuerpos magnéticos a la interacción de las fuerzas magnéticas, mediante la explicación de los efectos de los fenómenos observados, en un determinado contexto cultural.



Ilustración 3. Captura diagrama de los fundamentos de Faraday.

Fuente: Autoría del docente investigador.

En las prácticas experimentales se ponen en juego las concepciones que se han construido a través de la historia de la ciencia y más específicamente del electromagnetismo; donde se afirma la existencia de un campo magnético; en la bibliografía de ciencias muchas veces se formaliza desde formulación de un algoritmo matemático donde establecen relaciones entre variables, quienes no tienen una referencia de las soluciones de los problemas teórico experimentales que se establecieron para su construcción.

Aquí podremos afirmar que el trabajo que se desarrolló para establecer el concepto de campo se originó desde la interpretación de los efectos de diversas prácticas donde se ponían en juego propiedades magnéticas en interacción con varios medios o por ejemplo la construcción de las ecuaciones de Maxwell, es decir la construcción del concepto de campo magnético se estableció por medio de las practicas experimentales las cuales en la bibliografía se encuentran desarticuladas o no se tiene en cuenta la integración de las diversas concepciones de los efectos magnéticos y eléctricos que se han formulado durante la historia de la física y que no se trata de contradecir otras concepciones fenomenológicas, sino que por lo contrario, es la forma de demostrar que existen diversas rutas de explicación a la interpretación de nuestro mundo (realidades) y su naturaleza (real).

2.3. Construcción fenomenológica de la permeabilidad magnética de los medios físicos

Para la comprensión de los fenómenos se propone repensar el vínculo entre comprensión y percepción, el cual se constituye en un criterio cognitivo y pedagógico, pues lo sensible este cruzado por construcciones y organizaciones teóricas precedentes, o formas lógicas de organizar, y remitir a las comprensiones que se tienen sobre el fenómeno cuando la percepción es intencionada. Esta se modifica debido a que se operan diferentes asociaciones, de ahí que el fenómeno no sea estático (Mach, 1925).

Se dinamiza el estudio histórico-crítico para realizar la caracterización del fenómeno, permitiendo aclarar dudas experimentales, conceptuales y establecer variables magnéticas, que permiten criterios cualitativos para definir una ruta explicativa, diferentes montajes experimentales (ilustración 4) y mediciones que permiten la construcción de la magnitud física de la permeabilidad magnética, generando la caracterización fenomenológicamente y que construyan en los sujetos sus propias rutas explicativas del fenómeno, posibilitando “el conocer” de los fenómenos magnéticos y su idea de permeabilidad.

Desde el análisis de las diferentes actividades experimentales se evidencian algunas afirmaciones de Faraday sobre los criterios para la clasificación de los materiales en el contexto del magnetismo y durante el proceso de este fenómeno de la permeabilidad, se llegó a la elaboración del permeabilímetro como instrumento para la medición y ordenamiento de la permeabilidad magnética, por ejemplo que el hierro es más permeable magnéticamente que el aire y éste

último probablemente tenga la misma permeabilidad magnética del cobre.

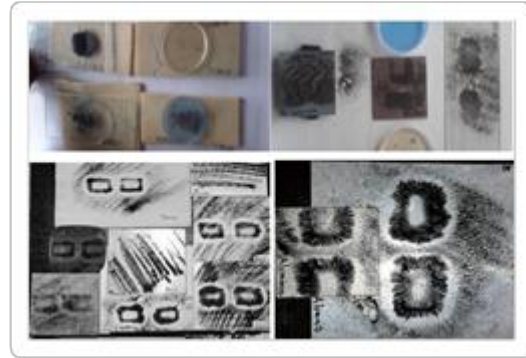


Ilustración 4. Captura de la distribución superficial de los efectos magnéticos de medios físicos; sustancias y materiales.

Fuente: Autoría del docente investigador.

3. La actividad experimental como ambiente de aprendizaje.

Esta fenomenología establece un estudio de caso, el cual se realiza con el análisis histórico-crítico de textos originales, evidenciando y estructurando problemáticas que generan nuevas concepciones del fenómeno y criterios de organización experimental en la enseñanza de las ciencias. Para luego, construir unidades que orientaran la comprensión fenomenológica por medio de conceptualizaciones que permite elaborar problemáticas, permitir la explicación de la permeabilidad como una magnitud física, donde se permite también calificar y caracterizar el papel que desempeña la organización de la experiencia en la enseñanza de los fenómenos magnéticos y el acercamiento por parte de los estudiantes a la idea de permeabilidad magnética.

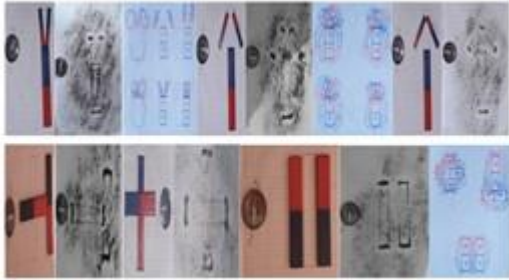


Ilustración 5. Captura de las variaciones geométricas de las representaciones.

Fuente: Autoría del docente investigador.

Teniendo en cuenta la relación del objeto, sujeto e imágenes y las formas que percibe el mundo, es importante establecer una relación directa con los fenómenos magnéticos con sus observaciones de las cualidades del fenómeno, sus posibles variables físicas y representaciones geométricas (Ilustración 5) y las formas de medir cualitativa y cuantitativamente, pero en la búsqueda de una precisión numérica, es importante la instrumentación material y procedimental, para ello se requiere del empirismo (comprensión) y del racionalismo (explicación), esto permite en los sujetos una elaboración cognitiva del fenómeno más complejo acerca de la relación pensamiento–lenguaje dentro de un contexto cultural. Es importante recuperar el concepto de experiencia, puesto que permite la construcción de la imagen de ciencia como actividad sensible que posibilita la organización y elaboración conceptual desde éste; también permite la relación entre las ciencias y otros saberes como se dio en la matemática, con la construcción de magnitudes en el sentido que los procesos de cuantificación y medición hacen parte del mismo desarrollo conceptual de las ciencias en esta actividad, cabe aclarar que los instrumentos no son concebidos únicamente como los registradores de datos, sino como los que permiten estudiar los fenómenos o dar cuenta de los mismos (Ferreirós, 2002), como parte de estudio de este ambiente de aprendizaje.

4. Criterios para la clasificación y ordenación de la permeabilidad magnética.

La conformación del concepto de las líneas de fuerza magnética como parte fundamental en la comprensión de los medios físicos magnéticos, para representar las acciones continuas resultantes de la superposición entre las acciones magnéticas externas y el medio permeado. “Se puede decir entonces que la permeabilidad magnética como una forma de medir y las formas de medida no son externas al fenómeno, sino que más bien son productos de amplios campos fenoménicos, es decir, la permeabilidad magnética es la relación de cualidades espaciales” (Malagón J.F. 2002).

En la ilustración 6 se observa al lado izquierdo, los criterios experimentales que tuvo en cuenta Faraday en cuanto al comportamiento de la limadura de hierro en presencia o ausencia de una fuente de poder magnético, al lado derecho se encuentran los criterios fenomenológicos para identificar las posibles variables resultantes de las actividades experimentales que permite la comprensión de la permeabilidad magnética como una propiedad del espacio, que varía al cambiar el medio; como se observa en la parte superior derecha de la imagen se evidencian tres materiales (hierro, cobre y aire) y el cambio que hay en la concentración de la limadura de hierro en uno de los polos del campo de fuerza magnético.

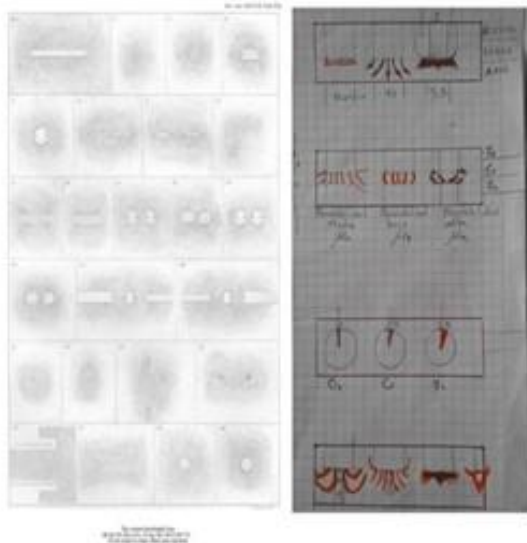


Ilustración 6. Captura de criterios y variables espaciales para la clasificación de la permeabilidad magnética.

Tabla 1 Niveles de permeabilidad 1.

ORDEN	MATERIAL	NIVEL DE PERMEABILIDAD MAGNÉTICA	DESCRIPCIÓN CONCEPTUAL
1	COBRE	BAJA	Siendo metales, son materiales que presentan una permeabilidad baja, esto debido a que sus componentes permiten que pase fácilmente las líneas de fuerza magnética.
2	ALUMINIO		
3	BRONCE	ALTA	Estos materiales tienen como característica principal que su permeabilidad es alta, quiere decir que no dejan pasar las líneas de fuerza magnética, porque se distribuyen sobre toda la superficie, pero entre ellos existe una subdivisión que permite identificar sus aplicaciones científicas y tecnológicas como lo son súper alta (hierro), media alta (bronce y acero)
4	ACERO INOXIDABLE	ALTA	
5	HIERRO GALVANIZADO	ALTA	
6	HIERRO FUNDIDO	ALTA	
7	HIERRO OXIDADO	ALTA	

Fuente: Autoría del docente investigador e imagen montajes de Faraday.

En la segunda parte de esta foto, con los mismos materiales, se ve que las direcciones de las concentraciones de la limadura son diferentes, y esta es una de las formas de establecer la permeabilidad baja, media y alta. Una analogía experimental de las dos imágenes es que Faraday,

desde las formas de los efectos y concentraciones, usó materiales con permeabilidad baja como el cobre. En la imagen derecha se utiliza la brújula como un instrumento para identificar los cambios de los grados angulares cuando las líneas de fuerza atraviesan esos tipos de materiales que se comportan como medios físicos magnéticos, entre mayor sea el cambio la permeabilidad es baja, en cambio cuando no se evidencia ningún cambio en la aguja es porque el medio tiene una permeabilidad alta.

En las siguientes tablas 1, 2 y 3, se evidencian los niveles de permeabilidad en diferentes materiales.

ORDEN	MATERIAL	NIVEL DE PERMEABILIDAD MAGNÉTICA	DESCRIPCIÓN CONCEPTUAL
1	AIRE	BAJA	Estos materiales tienen como característica principal que su permeabilidad es baja, quiere decir que dejan pasar las líneas de fuerza magnética, pero entre ellos existe una subdivisión que permite que esta permeabilidad pueda ser superbaja (aire), medibaja (plástico) o bajabaja.
2	VIDRIO	BAJA	
3	PLÁSTICO	BAJA	
4	ICOPOR	BAJA	
5	CERÁMICA	BAJA	
6	MADERA	BAJA	

Tabla 2 Niveles de permeabilidad 2.

En esta tabla se observan los niveles de permeabilidad en metales. **Fuente:** Construcción desde la actividad experimental del docente investigador.

En esta tabla se observa el nivel de permeabilidad en materiales cotidianos. **Fuente:** Construcción desde la actividad experimental del docente investigador.

En esta tabla encontramos los niveles de permeabilidad magnética en sustancias. **Fuente:** Construcción desde la actividad experimental del docente investigador.

- Los medios de interacción donde la distribución superficial de la limadura se observa definida, evidenciando la formación de bastantes líneas curvas de fuerza magnética en la limadura, muy cercanas una de la otra y algunas bastantes gruesas, se evidencia un cambio angular en las orientaciones de la brújula (Permeabilidad Baja).
- Los medios de interacción donde la distribución superficial de la limadura no se observa tan definidas, las líneas curvas de fuerza magnética de la limadura y algunas se presentan bastantes gruesas y otras delgadas, se evidencia un cambio muy diminuto angular en las orientaciones de la brújula (Permeabilidad Media).
- Los medios de interacción donde la distribución superficial de las limaduras no se observa ninguna curva magnética definida, no se forman líneas curvas de fuerza magnética de la limadura, algunas se presentan bastantes gruesas y no se evidencia cambios angulares en las orientaciones de la brújula (Permeabilidad Alta).

Se presentan tres clasificaciones usadas durante cada experiencia, como se mencionó anteriormente, alta, media, baja y las alteraciones que se generan al cambiar el medio, es decir su estado magnético, esto implica que la permeabilidad tiene una relación directa con:

- Cambios de la cantidad por área de acumulaciones de las limaduras de hierro (material ferromagnético) que se forman en los polos, en cercanía de ellos y en toda la distribución espacial en diferentes medios magnéticos, al ser expuestos ante un imán y en imanes con similar y distinta polaridad.
- Cambios de las formas espaciales de la limadura de hierro en distintos medios, al variar la configuración de los medios en interacción con una fuente magnética y entre imanes en igual o similar polaridad.
- Cambios de las distancias que se genera entre la fuente de poder magnético y las primeras líneas de

fuerza magnética y en las siguientes al variar el

ORDEN	MATERIAL	NIVEL DE PERMEABILIDAD MAGNÉTICA	DESCRIPCIÓN CONCEPTUAL
1	AGUA	BAJA	La particularidad del agua esta en la forma del campo y en la dirección que toma la limadura de hierro en cercanías de los polos en el fenómeno de repulsión, debido a que la dirección de las líneas de fuerza magnética resultante no es hacia adentro, sino hacia fuera de la interacción; por esto es considerado un diamagnético con permeabilidad baja.
2	ALCOHOL		
3	ACEITE	MEDIA	Son sustancias que los cambios no son tan visibles, la cetona por ejemplo realiza una descripción de
4	CETONA	MEDIA	

Tabla 3 niveles de permeabilidad.

estado magnético permeado.

- Las direcciones de estas acumulaciones que se generan en las proximidades del imán, y luego con dos o más imanes con igual y/o distinta polaridad, que se observan en los cambios de la brújula en diferentes puntos del espacio y al variar los distintos medios.
- Representaciones geométricas de las superposiciones de las líneas de fuerza de cada uno en su polaridad; se representarán las superposiciones de las líneas de fuerza magnética.
- Cantidad de permeabilidad magnética frente al cambio de la fuerza magnética (distancia entre la fuente de poder y el cuerpo que levita) al cambiar el medio y/o sustancias entre los imanes con similar polaridad, medidas en el permeabilímetro, ya que al poner los imanes con diferente polaridad se observa la fuerza magnética y los obliga a acercarse mutuamente, sin poder observar los cambios entre los imanes al cambiar de medio. En cambio, si su polaridad es la misma los obliga a alejarse y sus cambios pueden ser medibles.

Por estas razones experimentales y conceptuales, se entiende Estado magnético como las distintas interacciones entre los elementos nombrados anteriormente y es aquí donde se toma el aire como el medio base y el punto cero para iniciar la medición, es decir, que se supone que la limadura toma la misma forma del campo magnético, igualmente cuando se analizan las propiedades del medio mediante la descripción de la limadura de hierro, la placa de vidrio se convierte en el punto de

referencia para identificar el tipo de permeabilidad como baja, media o alta, entendidas así:

- Alta: los cambios de dirección, la acumulación y representaciones de las líneas no son tan evidentes en los medios y genera un menor



desplazamiento en repulsiones entre los imanes del permeabilímetro.

- Media: los cambios de dirección, la acumulación y representaciones de las líneas son moderadamente evidentes en los medios. Conserva la misma medida de repulsión de los imanes frente al punto de referencia.
- Baja: los cambios de dirección, la acumulación y representaciones de las líneas se definen con mayor claridad en los medios. No hay distancia entre el medio y la repulsión de los imanes.

En la siguiente tabla 4 se muestra la clasificación cualitativa de la permeabilidad magnética y da las bases experimentales para ampliar la medición.

PERMEABILIDAD MAGNÉTICA PATRÓN	PERMEABILIDAD MAGNÉTICA ALTA	PERMEABILIDAD MAGNÉTICA MEDIA	PERMEABILIDAD MAGNÉTICA BAJA
ACCIONES MAGNÉTICAS EN LA TIERRA Y EN EL AIRE	HIERRO (μ_0) EN DIFERENTES CONCENTRACIONES: HIR, HD, GALVANIZADO Y ALTAMENTE OXIDADO ACERO INOXIDABLE BRONCE	PLÁSTICO ACETATO MADERA VIDRIO CERÁMICA ESPUMA ACEITE	ALUMINIO COBRE ICOPOR AGUA CETONA

Tabla 4 Clasificación cualitativa de la permeabilidad.

En esta tabla se encuentra la Clasificación cualitativa de la permeabilidad de materiales. **Fuente:** Autoría del docente investigador.

4.1. Proceso instrumental que permitió la ampliación de la experiencia

A continuación, se explica el proceso de la construcción del permeabilímetro magnético:

- Planear, identificar y construir de manera rústica diferentes instrumentos para la medición. Ilustración 7.
- Construcción del Permeabilímetro y medición de los medios magnéticos desde la idea de la variable de permeabilidad magnética de los medios físicos.
 - El primero de ellos, ilustración 8, permite identificar y medir en centímetros la distancia entre dos imanes con igual polaridad,



Ilustración 7. Captura del permeabilímetro lineal magnético. **Fuente:** Autoría del autor.

Ilustración 8. Captura de los prototipos de Permeabilímetros. **Fuente:** Autoría del docente investigador.

interacciones que se dan en el medio físico como es el aire, pero no permite cambiar el medio de interacción entre los imanes, esto no permite evidenciar las variaciones espaciales cuando se cambia el medio de interacción.



Ilustración 10. Captura del permeabilímetro magnético cilíndrico y su mecanismo. **Fuente:** Autoría del docente investigador.



Ilustración 9. Captura del permeabilímetro angular. **Fuente:** Autoría del autor.



- El segundo instrumento, permeabilímetro angular magnético, ilustración 9, permite ahora comparar los cambios espaciales de un imán flotante respecto a otro similar con iguales polaridades con las escalas angulares sobre un plano, en comparación con el primer permeabilímetro, este sí permite el intercambio de los espacio-medios para evidenciar que la variación de los efectos magnéticos angulares depende de la permeabilidad magnética del medio que se interpone entre los dos imanes,

pero el instrumento presenta un inconveniente al tener en cuenta la fricción entre el aire y los movimientos del imán flotante debido que sus análisis pueden confundirse con los efectos de otros tipos de fenómenos.

- Pero, es en el tercer Permeabilímetro que se logra reducir variables, como lograr establecer una comparación con una magnitud escalar como punto de partida de su medida. Ilustración 10.

4.2 El permeabilímetro magnético como instrumento de medida.

Medir es la comparación de la magnitud que se está estudiando con un patrón de medida. Si cada persona tuviera su propio patrón de medida, sólo él comprendería el valor de su resultado y no podría establecer comparaciones, a menos que supiera la equivalencia entre su patrón y el de su vecino. Por esta razón se ha acordado el establecimiento de un patrón y los instrumentos son los mediadores entre las formulaciones teóricas y reales.

Al revisar los tres modelos de permeabilímetro construidos para realizar las diferentes mediciones, se determinó que el tercer artefacto, el permeabilímetro cilíndrico, era el

más preciso para realizar las mediciones de permeabilidad, por este motivo se llevó el modelo para su elaboración en acrílico, el artefacto se compone de dos placas planas con una separación entre ellas de 1cm, en la placa de abajo en el centro hay dos imanes redondos planos de neodimio, en medio de la placa de arriba hay un tubo de 12 cm donde estarán los imanes flotantes; el objetivo del espacio entre las placas es poner los diferentes materiales para determinar la permeabilidad de estos. Como se observa en la ilustración 11.

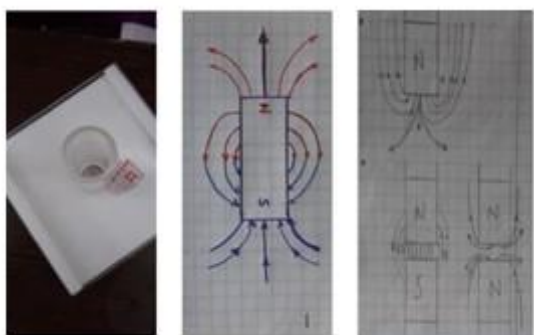


Ilustración 11. Captura del comportamiento de los imanes en el permeabilímetro cilíndrico. **Fuente:** Autoría del docente investigador

Antes de realizar cualquier medición se debe realizar la calibración de los imanes flotantes, en la medida de la permeabilidad magnética que es afectada en el aire en el fenómeno de repulsión 4 cm; después de esto, se inicia la medición con los materiales sólidos, como el hierro, que presentan una permeabilidad alta ya que al estar cerca de un imán se atraer inmediatamente, pero, como sus líneas de fuerza magnética no atraviesa su superficie el imán flotante se atrae inmediatamente a la otra cara de la placa de hierro, por tal motivo se genera el fenómeno de repulsión independiente del fenómeno que se genera al otro extremo, es aquí donde se evidencia que las líneas de fuerza magnética no atraviesan la placa, sino se distribuye sobre la superficie y en un indicador como la limadura de hierro se evidencia las superposiciones de estas líneas con diferentes densidades y direcciones. Luego, con las placas y líquidos con permeabilidad media se observa que en la medida de relación a la métrica cambia reduciendo la distancia entre los imanes, es decir la cantidad de líneas de fuerza magnética no permea el medio en su totalidad y una parte atraviesa la superficie y la otra se distribuye sobre la placa. Ilustración 12.



Ilustración 12. Captura del comportamiento magnético del permeabilímetro cilíndrico. **Fuente:** Autoría del docente investigador.

4.3 Tablas de ordenación de materiales y sustancias desde su permeabilidad magnética.

Después de realizar las mediciones por medio del permeabilímetro, se puede evidenciar como se explica en la ilustración 11 cómo funciona la medición. Si al interponer algún medio la medición supera más de cuatro se toma como permeabilidad baja, si por el contrario al interponer algún medio el imán se atrae al otro y su medición baja se tomará como permeabilidad media y si baja hasta acercarse mucho o pegarse a la placa o líquido la permeabilidad será alta. En la tabla 5, se realiza la clasificación de permeabilidad alta, media y baja de los materiales con los que se realizó la actividad y en la ilustración 13 se representa la siguiente información de manera gráfica:

- Permeabilidad baja: mayor o igual a 4 cm de distancia entre imanes
- Permeabilidad media: de 2 a 3.9 cm de distancia entre imanes
- Permeabilidad alta de 0 a 2 cm de distancia entre imanes.

Tabla 5 Ordenamiento de la permeabilidad magnética

Ordenamiento de la magnitud física de la permeabilidad magnética de los medios físicos				
N	Medio Físico	CANTIDAD	μ	NIVEL
1	Bismuto	6 cm	$\mu > -1$	C O N T R A R I A
2	Agua	6 cm		
3	Cetona	5 cm		
4	Madera Aire Plástico	4 cm	$\mu = 0$	B A J A
5	Icopor	4,5 cm		
6	Aluminio Aceite Cobre	3 cm	$\mu < 1$	M E D I A
7	Hierro: -Fundido -Galvanizado -HR -Oxidado	0 cm	$\mu = 1$	A L T A

En esta tabla se muestra el ordenamiento de la permeabilidad magnética según su medio físico.

La permeabilidad magnética no pretende romper con la idea de una región cerrada de este flujo magnético, sino sus cambios de direcciones y las concentraciones en las polaridades del medio y así identificar cuánto más o cuánto menos es permeable un cuerpo. Es así que se elaboró una clasificación de diferentes cuerpos, desde la

concepción de permeabilidad magnética de sus mediciones:

1. Que dos cuerpos en interacción magnética permean en un tercer cuerpo, siendo el mismo el uno que el otro en los diferentes estados permeados.
2. El estado a mayor permeabilidad magnética aumenta la adición de atracción y repulsión respecto a un tercer cuerpo.
3. Todos los elementos que constituyen el estado suman el estado permeabilizado.

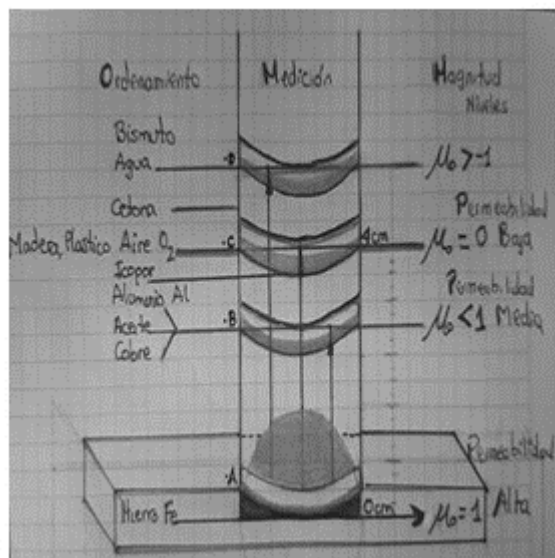


Ilustración 13. Captura del comportamiento de los imanes en el permeabilímetro cilíndrico. Fuente: Autoría del docente investigador.

5. Resultados

Los resultados históricos, teóricos y experimentales que condujeron a la construcción y organización de la fenomenología magnética y en especial la idea de permeabilidad magnética, reconoce los contextos, concepciones, reflexiones y ambientes, pero sobre todo las interpretaciones de la experiencia sensorial de los sujetos con la naturaleza magnética de los medios físicos. El camino de la permeabilidad

magnética se forjó desde la simple y sencilla explicación de qué es una propiedad magnética de un imán, entendiéndose como una constante de proporcionalidad en la construcción del campo electromagnético, visto desde las ecuaciones de Maxwell, donde la permeabilidad surge de relaciones matemáticas, desde esta visión el camino parece ser accesible para realizar la explicación de la naturaleza magnética, pero se dejaría de lado un complejo y maravilloso mundo que se vive día a día; ante esto Faraday, en su búsqueda de explicaciones de los fenómenos magnéticos, plasmó en sus escritos de "Experimental Researches in electricity", que la naturaleza magnética de los cuerpos es variable y supera la primeras sensaciones que se observan con los imanes de atracciones y repulsiones.

Como se mencionó anteriormente, Faraday argumenta que las formas que toma un segundo cuerpo como la limadura de hierro en la cercanía de una fuente magnética, son líneas físicas de fuerzas magnéticas ya que presentan una "... naturaleza, condición, dirección y cantidad de fuerzas ..." (Faraday, 1852) estas primeras ideas consideraban el vacío como el medio, pero teniendo en cuenta las ideas de Gilbert del mundo como un imán gigante, el aire se asemeja al vacío de Faraday, ya que al ubicar la brújula en este medio de aire, permite identificar el campo magnético terrestre con respecto a línea ecuatorial.

Teniendo en cuenta lo planteado en el párrafo anterior, y basándome en el trabajo de Faraday, se evidenció que durante este proceso experimental se logró conceptualizar por medio de esta fenomenología varios indicadores magnéticos que fueron fundamentales en la caracterización magnética del espacio-medio, éstos fueron identificados en el estudio histórico crítico; en primera instancia esta la brújula, que permitió identificar las direcciones finales de las líneas de fuerza al momento de interactuar con cuerpos magnéticos; segundo la limadura de hierro, que se identifica como imanes diminutos, estos evidencian los cambios de la distribución espacial magnética desde su forma y densidad al variar los medios

físicos y los materiales que se interponen entre ellos y las fuerzas magnéticas; por último el permeabilímetro magnético que permitió establecer mediciones de los cambios entre las distancias de los imanes cuando se interponían diferentes cuerpos; un ordenamiento de materiales en los que se presentan mayor permeabilidad, en cuales se presenta poca y en cuales no se presenta, es decir, la distribución de fuerza que presenta en el espacio y la relación directa con el medio físico que permea.

Una de las conclusiones es que por medio del experimento del permeabilímetro se pudo realizar en el aula diferentes diálogos, discusiones, reflexiones, debates y lo más importante la producción de conocimiento científico; este ambiente del aula entendido como la relación que hay entre los hechos o manifestaciones magnéticas y el ámbito en que se hace presente esta realidad, en donde los sujetos (Estudiantes) inicialmente desconocían y no eran conscientes de la interacción del mundo magnético con su cotidianidad, para llegar a esta conciencia se realizaron diversas actividades, sino que además la materia tiene propiedades magnéticas (Gilbert, Faraday, Maxwell).

El permeabilímetro dio una significancia numérica entre las distancias de los imanes con las cualidades magnéticas de las fuerzas físicas magnéticas, que permite que sea un instrumento de medida para el reconocimiento de la teoría que la sustenta, al establecer criterios para la conexión entre la actividad experimental, la percepción y construcción de los fenómenos y las explicaciones que los estudiantes elaboran en la clase de ciencias. Estas alternativas en los procesos de enseñanza-aprendizaje de las ecuaciones electromagnéticas permiten tanto a los estudiantes como para los docentes en formación comprender y asociar la siguiente fórmula con la actividad realizada en este trabajo.

$$B = \mu H$$

En la búsqueda de la comprensión de las ecuaciones electromagnéticas, donde la permeabilidad

magnética cumple una función fundamental entre las bases conceptuales de la relación fenomenológica entre el magnetismo y la luz, este tipo de investigación permitió recontextualizar mi propio saber sobre éste concepto al ir construyendo el estudio histórico crítico y la importancia del campo como ente que permea el medio de interacción entre diferentes cuerpos (permeables, poco permeables, no permeables).

De lo presentado anteriormente, se puede hacer una síntesis de lo que permite la actividad experimental en la clase de ciencias, de la siguiente manera:

En cuanto a lo conceptual:

- Recrear las condiciones en las cuales se dan las actividades de las comunidades científicas.
- Comprender la diferencia entre la experiencia del campo de la actividad científica y la educación en ciencias.
- Proponer una relación entre la construcción y comprensión de las problemáticas y los fenómenos que se trabajan en el aula de clase.
- Se evidenció en los estudiantes la producción, el análisis y la organización de efectos sensibles, a pesar de las limitaciones instrumentales del aula (laboratorio).
- La determinación de variables y conformación de relaciones entre estas como expresiones de las organizaciones logradas de los efectos percibidos.
- Identificar los aspectos históricos y teóricos que permitieron a la comunidad científica comprender la naturaleza magnética de la materia.
- Idear maneras de relacionar la evaluación a los procesos que desarrollan los estudiantes.

En cuanto a lo experimental:

- Llevar la percepción a la medición.
- Ampliar la experiencia que se tenía de los materiales y sus propiedades magnéticas.
- Permitir la comparación y clasificación de los materiales como los medios físicos.

- Planear, diseñar y construir un instrumento de medida, permeabilímetro magnético.
- Construir una escala de medición que permite un ordenamiento de la magnitud física.

6. Referencias Bibliográficas

Faraday, M., (1852) *Experimental Researches in Electricity*. Recuperado Published by: Royal Society Stable URL: <https://www.jstor.org/stable/108540>. Twenty-Ninth Series Source: Philosophical Transactions of the Royal Society of London, 1852, Vol. 142, pp. 137-159.

Faraday, M. (1852). *Sobre las líneas de fuerza magnética* (María Gramajo y Carlos Orozco trad.). Londres: Royal Institution Poceedings.

Gilbert, W., (1600). *De Magnete*. Por de Colchester. Publicada por la prensa de Dover publications, Inc., New York, 1983.

Malagón S. J. F., Ayala M., M. M., Y Sandoval O., S. (2011). *El experimento en el aula. Comprensión de fenomenologías y Construcción de magnitudes*. Bogotá D.C.: Universidad Pedagógica Nacional.

Ayala, M. M. (2006). *Los análisis históricos críticos y la recontextualización de saberes científicos*. Construyendo un nuevo espacio de posibilidades. Pro-PosiÁies, pp. 19 - 37.

Ayala M., Malagón, F., Sandoval, S., (2011) *Magnitudes, Medición y Fenomenologías*, Revista de Enseñanza de la Física. Vol. 24, Nº 1, pp. 43-54, Argentina.

Bravo, V. M., (2012) *Introducción al Magnetismo. Una propuesta con enfoque fenomenológico*. Trabajo de grado Licenciatura en Física, Universidad Pedagógica Nacional. Bogotá.

Romero, A. Y Rodríguez, L. D. (2006) *"El concepto Magnitud como fundamento del proceso de medición. La cuantificación de los estados de movimiento y sus cambios"*. En: Revista Educación y Pedagogía, Medellín, Universidad de Antioquia, Vol. XVII, núm. 43, pp.127-140.

Niño C. (2023). Caracterización fenomenológica de la permeabilidad magnética: un análisis de la actividad experimental en la reconstrucción de saberes.

Rodríguez, M. L. (2014). *Construcción de fenomenología, experimento y actividad del sujeto: el caso del magnetismo*. Recuperado de: <http://hdl.handle.net/20.500.12209/299>.

**MEZCLANDO LOS COLORES DEL UNIVERSO, UNA EXPERIENCIA ASTRONÓMICA
DESDE LAS ARTES**

**MIXING THE COLORS OF THE UNIVERSE, AN ASTRONOMICAL EXPERIENCE FROM
THE ARTS**

**MISTURANDO AS CORES DO UNIVERSO, UMA EXPERIÊNCIA ASTRONÔMICA A
PARTIR DAS ARTES**

Yeni Marcela Marmolejo-López^{1*} , Juan Pablo Uchima-Tamayo^{2} ,
Johana Murcia- Rocha^{3***} **

Marmolejo-López Y. M., Uchima-Tamayo J.P., Murcia-Rocha J. (2023). Mezclando los colores del Universo, una experiencia astronómica desde las artes. *Góndola, Enseñanza y Aprendizaje de las Ciencias*, Número especial, v18, pp.1-9

Resumen

La Astronomía es considerada una de las ciencias fundamentales del conocimiento humano. Además, se trata de un área interdisciplinaria en la que confluyen diferentes campos como las Matemáticas, la Física, la Biología, las ingenierías, las artes, entre otros. A pesar de su importancia, esta ciencia no se encuentra dentro del plan de estudios de la educación en Colombia, por lo cual, los niños y adolescentes no tienen la oportunidad de profundizar en este saber durante su proceso de formación básica y cuando buscan información por su propia cuenta, los contenidos son presentados de forma tediosa, incompresible y limitada. Sin embargo, muchos estudiantes desean explorar en este campo, fomentando la necesidad de la creación de espacios donde se pueda incentivar el interés por el pensamiento científico. En este artículo se presenta la experiencia educativa del Club Infantil de Astronomía *Los Guardianes de Bellatrix* de la Institución Educativa Gabo del municipio de Cartago, Valle del Cauca. Este proyecto transversal tiene como objetivo incentivar y fortalecer el interés de los estudiantes de básica primaria por la Astronomía desarrollando el pensamiento científico y el Arte en el aula, a través de una metodología experiencial, mediante la implementación de talleres, charlas y experimentos. El proyecto evidencia que las actividades propuestas promueven la curiosidad de los niños por la Astronomía de manera progresiva, continua y duradera en el tiempo, haciendo más accesible esta disciplina para todas las edades.

Palabras-Clave: Enseñanza de la Astronomía, Educación primaria, Actividades creativas y Concepciones alternativas.

Abstract

Astronomy is considered one of the fundamental sciences of human knowledge. In addition, it is an interdisciplinary area in which different fields such as mathematics, physics, biology,

^{1*} Magíster en Educación y Arte. Universidad Tecnológica de Pereira, Colombia. [ymmarmolejo@utp.edu.co](mailto:yymmarmolejo@utp.edu.co) - ORCID <https://orcid.org/0000-0001-9061-2657>

^{2**} Magíster en Astronomía. Universidad de La Serena, Chile. juan.uchima@userena.cl - ORCID <https://orcid.org/0000-0002-2746-0459>

^{3***} Licenciada en Física. Universidad Pedagógica Nacional, Colombia. jmurciar@upn.edu.co - ORCID <https://orcid.org/0000-0002-9803-9365>



UNIVERSIDAD DISTRITAL
FRANCISCO JOSÉ DE CALDAS

Góndola, Enseñanza y Aprendizaje de las Ciencias

Número especial, v18, 2023.

11 Congreso Nacional de Enseñanza de la Física y la Astronomía



Crónica de Experiencia

engineering, arts and among others. In fact its importance, this science is not included in the curriculum of education in Colombia. Therefore, children and adolescents do not have the opportunity to delve into this knowledge during their basic education process and when they seek information on their own, the contents are presented in a tedious, incomprehensible and limited way. However, many students wish to explore this field, fostering the need for the creation of spaces where interest in scientific thinking can be encouraged. This article presents the educational experience of the Club Infantil de Astronomía *Los Guardianes de Bellatrix* of the Gabo Educational Institution of the municipality of Cartago, Valle del Cauca. This transversal project aims to encourage and strengthen the interest of elementary school students in astronomy by developing scientific thinking and art in the classroom, through an experiential methodology, through the implementation of workshops, lectures and experiments. The project shows that the proposed activities promote children's curiosity for astronomy in a progressive, continuous and lasting way, making this discipline more accessible to all ages.

Keywords: Astronomy education, Primary education, Creative activities and alternative conceptions.

Resumo

A astronomia é considerada uma das ciências fundamentais do conhecimento humano. Além disso, é uma área interdisciplinar na qual convergem diferentes campos, como matemática, física, biologia, engenharia, artes, entre outros. Apesar de sua importância, essa ciência não está incluída no currículo educacional da Colômbia, de modo que crianças e adolescentes não têm a oportunidade de se aprofundar nesse conhecimento durante seu processo de educação básica e, quando buscam informações por conta própria, os conteúdos são apresentados de forma tediosa, incompreensível e limitada. No entanto, muitos alunos desejam explorar esse campo, o que promove a necessidade de criar espaços onde o interesse pelo pensamento científico possa ser incentivado. Este artigo apresenta a experiência educacional do Clube de Astronomia Infantil Los Guardianes de Bellatrix da Instituição Educacional Gabo, no município de Cartago, Valle del Cauca. Esse projeto transversal tem como objetivo incentivar e fortalecer o interesse dos alunos do ensino fundamental pela astronomia, desenvolvendo o pensamento científico e a arte em sala de aula, por meio de uma metodologia experimental, através da implementação de oficinas, palestras e experimentos. O projeto mostra que as atividades propostas promovem a curiosidade das crianças pela astronomia de forma progressiva, contínua e duradoura, tornando essa disciplina mais acessível a toda as idades.

Palavras-Chave: Educação Astronômica, Ensino Primário, Actividades Criativas e Conceitos Alternativos

1. Introducción

La Astronomía es una ciencia que fomenta la curiosidad por la comprensión de los fenómenos físicos que nos rodean. Galperin et al. (2011) manifiesta que el cielo provoca una fascinación y genera en los niños sentimientos e ideas apasionantes. Por otro lado, Infante (2015) propone que aprovechar las preguntas, las observaciones, y el

interés de los estudiantes por la Astronomía, favorece la formación y les permite entender el mundo en el que viven. En este sentido, es importante resaltar que desde hace pocos años se comenzó a reconocer la importancia de enseñar Astronomía en las escuelas y la necesidad de brindar un espacio significativo para su desarrollo (Galperin et al., 2011). Estos espacios de Astronomía en el aula aumentan el deseo de saber

y fomenta la participación en clase (Castañeda Sua, 2014). Además, la Astronomía en el aula puede convertirse en el generador y mediador de procesos de aprendizaje en el estudio de conceptos matemáticos y físicos (Zuluaga Grisales, 2013).

Actualmente, en las instituciones educativas de formación básica de Colombia, los lineamientos curriculares proponen algunos conceptos astronómicos que se abordan de forma superficial desde asignaturas como las Ciencias Sociales, Ciencias Naturales y Matemáticas (Navarrete Flórez & Valderrama, 2020). Benacchio (2001) considera que enseñar Astronomía implica un reto para los profesores, ya que generalmente no han estudiado esta disciplina a nivel universitario y pueden tener problemas para dominar sus contenidos. Incluso, muchos profesores difícilmente pueden identificar las ideas que tienen sus alumnos sobre el tema a tratar (Delgado-Serrano & Cubilla, 2012).

Estas dificultades se hacen más complejas cuando los mismos profesores de primaria se consideran deficientes por las dificultades que presentan en la enseñanza de las ciencias (Appleton, 2003). Por otro lado, los estudiantes se distraen con facilidad y esto hace que las actividades no sean desarrolladas y/o finalizadas en su totalidad (Cruz Morales, 2019). Asimismo, Kiroglu (2015) manifiesta que es prácticamente imposible enseñar temas de Astronomía a los alumnos de primaria a través de una simple conferencia. Estos obstáculos y limitaciones evidencian la falta de estrategias y actividades que se desarrollan para abordar la enseñanza de Astronomía en básica primaria. Como consecuencia, se refleja una poca producción académica para este nivel educativo en Colombia, representando únicamente un 22.7% durante el periodo 2010-2020 (Navarrete Flórez & Valderrama, 2020).

Por otro lado, Camino et al. (2016) menciona que, aunque los conceptos de la Astronomía son enseñables en todos los niveles educativos y ámbitos socioculturales, surge el desafío de cómo abordar su explicación de manera adecuada en cada uno de

ellos. Tarquino Cabra (2016) plantea que se deben diseñar estrategias didácticas atractivas para los estudiantes de primaria. Además, planificar y establecer los temas de Astronomía es esencial para la correcta comprensión de estas temáticas (Benacchio, 2001). Como ejemplos de enseñanza de la Astronomía en la escuela primaria tenemos los trabajos de Aranzazu Zea (2013) y Jiménez Niño (2013).

Bocanegra Caro (2018) manifiesta que los modelos y maquetas son una herramienta que ayudan a la construcción del conocimiento, siendo una práctica común en las aulas de clases, así como los talleres experimentales con materiales de bajo costo (Galperin et al., 2011; Buitrago Sierra & Galeano Ruiz, 2019). Otra forma de construcción de conceptos son las herramientas visuales como los simuladores y aplicaciones móviles (Baquero Soler, 2019; Navarrete Flórez & Valderrama, 2020).

En este trabajo se presenta la experiencia educativa del Club de Astronomía Infantil *Los Guardianes de Bellatrix* en la Institución Educativa Gabo sede María Inmaculada del municipio de Cartago, Valle del Cauca. El club emerge como un proyecto transversal donde por medio del Arte se incentiva y fortalece el interés de los estudiantes de básica primaria por la Astronomía, fomentando el pensamiento científico en el aula. En síntesis, al permitir que la imaginación de los estudiantes se eleve, se logra superar las barreras del aprendizaje y con ellos crear universos donde el Arte y el conocimiento transformen sus realidades.

2. Metodología

El club de Astronomía está conformado por 10 estudiantes entre los 9 y 11 años, y cuenta con el apoyo de la profesora de básica primaria, una licenciada en Física y un astrónomo. En este club se lleva a cabo un proceso de exploración de conocimientos científicos utilizando la transposición didáctica, definida como la transmisión de un determinado saber desde alguien que sabe a quién no tiene noción de dicho saber (Verret, 1975).

Para lograr este objetivo se han desarrollado actividades que permiten a los estudiantes acercarse a diferentes temáticas por medio del Arte, la experimentación y conversatorios.

2.1 Prácticas experimentales y artísticas

Todas nuestras actividades utilizaron materiales como la pintura, el dibujo e incluso ingredientes de cocina. En cada actividad, los estudiantes generan conocimiento astronómico y los adaptan a su entendimiento, en la figura 1, se presenta la estrategia usada en el aula. Los temas desarrollados se listan a continuación:

- ❖ Las capas de la Tierra
- ❖ Satélites naturales y artificiales
- ❖ La Luna y sus fases.
- ❖ Morfología lunar
- ❖ El lado Oscuro de la Luna
- ❖ Eclipses
- ❖ El Sol y la energía solar
- ❖ El Sistema Solar



Figura 1. Estrategia usada en el aula para desarrollar las prácticas experimentales.

2.2 Intercambio de saberes y experiencias

Desde el 2019 se desarrolla un conversatorio de Astronomía para niños, esta actividad es anual y consiste en resolver dudas que los estudiantes tengan respecto a fenómenos astronómicos, el encuentro se desarrolla de forma virtual junto con el acompañamiento del astrónomo Juan Pablo Uchima-Tamayo, quien hace la transposición didáctica de las preguntas realizadas por los niños respondiendo de manera dinámica, clara y con un lenguaje que sea comprensible para ellos. Normalmente, el astrónomo se apoya de videos o simuladores como Stellarium para explicar o representar mejor los diferentes fenómenos astronómicos. La Figura 2 ilustra la estrategia usada en este espacio que denominamos *Conversando con un astrónomo*.



Figura 2. Estrategia usada para desarrollar los conversatorios en el club de Astronomía.

Además, el día que se lleva a cabo el conversatorio se invitan semilleros o grupos de Astronomía estudiantiles, en su mayoría conformados por estudiantes de secundaria, para que intercambien sus experiencias, por medio de actividades experimentales y debates con los más pequeños motivándolos a continuar en este tipo de proyectos y a seguir explorando en el mundo de la Astronomía.

Finalmente, si las condiciones climáticas lo permiten, se termina el evento desarrollando

observación astronómica con telescopios que llevan algunos docentes o estudiantes.

3. Resultados

Las actividades que se desarrollaron van acorde con lo propuesto por el Ministerio de educación Nacional de Colombia en algunos estándares básicos de competencias de ciencias naturales (MEN, 2004). A continuación, se listan los estándares:

- ★ Describe los principales elementos del sistema solar y establece relaciones de tamaño, movimiento y posición.
- ★ Registra el movimiento del Sol, la Luna y las estrellas en el cielo, en un periodo de tiempo.
- ★ Compara el peso y la masa de un objeto en diferentes puntos del sistema solar.
- ★ Formula preguntas a partir de una observación o experiencia y escoge algunas de ellas para buscar posibles respuestas.
- ★ Busca información en diversas fuentes (libros, Internet, experiencias y experimentos propios y de otros...) y da el crédito correspondiente.
- ★ Selecciona la información que le permite responder a sus preguntas y determina si es suficiente.
- ★ Propone respuestas a sus preguntas y las compara con las de otras personas

3.1 Actividades realizadas:

A continuación, se presentan los resultados de las actividades que se han desarrollado y se

proporciona una descripción detallada de cada una de estas.

3.1.1 *Satélite Comestible*

Los satélites son cuerpos que giran alrededor de un cuerpo celeste como planetas, lunas o estrellas. Dependiendo de su origen se pueden clasificar en naturales o artificiales. Los satélites naturales se han formado con el planeta o han quedado atrapados en órbitas junto a este, mientras que, los satélites artificiales son construidos por el ser humano y posteriormente enviados al espacio. Adicionalmente, Agudelo Espitia (2016) clasifica los satélites artificiales dependiendo de su utilidad y la posición de su órbita.

Para desarrollar esta actividad iniciamos preguntado a los estudiantes qué son los satélites y que tipos existen, posteriormente tomamos los siguientes elementos:

- Galletas en forma rectangular y circular.
- Un cuadro (dulce de bocadillo).
- Palillos de dientes.

Con estos materiales, cada estudiante construyó un modelo de satélite artificial como se ve en la figura 3. A medida que se va construyendo, se mencionan las partes básicas de los satélites (los paneles solares, el dispositivo de comunicaciones, y el contenedor) y el ingrediente que los representa.

Por último, la parte más divertida es que podían comerlo. Esta actividad les gustó mucho ya que pudieron comparar un satélite artificial a menor escala con uno real y disfrutar de un aperitivo. Esta actividad fue desarrollada por uno de los expertos invitados que nos acompañaron de manera virtual.

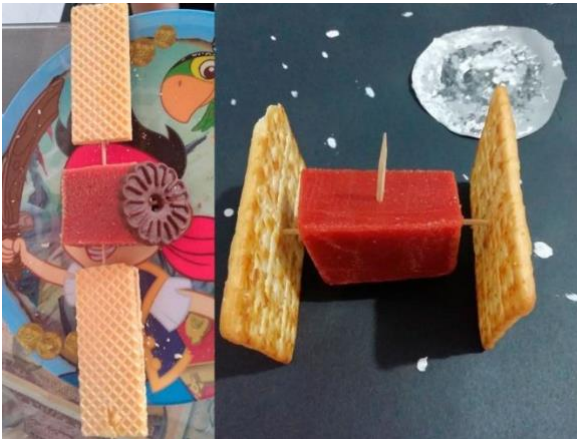


Figura 3. Satélite comestible construido por los estudiantes.

3.1.2 Morfología Lunar

La Luna es nuestro satélite natural, y también es el cuerpo celeste más cercano a nosotros. Está tan cerca de nosotros que se puede observar perfectamente a simple vista, y con unos pequeños prismáticos (binoculares) se pueden apreciar muchos detalles de su superficie. La superficie lunar es parecida a la de un desierto terrestre: es una capa compacta de polvo, arena y rocas. Tiene un relieve accidentado lleno de colinas y montes ocasionados en gran parte por el impacto de meteoritos. Los principales accidentes de la morfología lunar son los mares y los cráteres.

3.1.2.1 Cráteres

Los cráteres son pequeños, abundantes y enigmáticos caracteres en forma de manchas, definidos como depresiones u oquedades, y fueron originados por los impactos de asteroides y meteoritos (Wegener, 2017).



Figura 4. Experimento Cráteres de la Luna.

Para esta actividad se requirió de un recipiente con harina en su interior, a los estudiantes, se les pidió desde cierta altura, dejar caer primero, objetos de forma circular como canicas y monedas como se ve en la figura 4, posteriormente, se recreó lo que pasa cuando un asteroide impacta la superficie lunar. En un segundo momento, dejaban caer objetos pequeños de formas irregulares, podría ser un borrador o un muñeco, simulando que cualquier cuerpo del espacio que logra llegar a la superficie lunar deja huella.

3.1.2.2 Mares Lunares

Los mares son depresiones que se encuentran por debajo del nivel medio del suelo, que se toma como referencia de nivel porque la Luna no tiene océanos en su superficie. Estas regiones se distinguen porque tienen un número inferior de impactos de meteoritos, por lo que se presentan como llanuras lisas, sin asperezas y de tonalidad más oscura. Para conocer más sobre los mares ver Wegener (2017).

Para realizar la actividad utilizamos una tortilla de harina con la que preparan tacos, los estudiantes debían poner con ayuda de una cuchara, arequipe formando círculos, representando los mares lunares que es lo que nosotros observamos como

manchas y los espacios que quedaban, se cubrieron con leche en polvo o coco rallado como se observa en la figura 5.



Figura 5. Experimento comestible de los mares lunares.

3.1.3 El Sistema Solar

El Sistema solar es un sistema planetario que está constituido por una estrella (el Sol) y los cuerpos celestes que giran a su alrededor, es decir, todos los cuerpos como planetas, lunas, planetas menores, asteroides, cometas, o polvo estelar se encuentran bajo la influencia de su campo gravitatorio. Todas las características de nuestro Sistema Solar se encuentran descritas en Stavinschi, (2012).

Ahora, para representar el Sistema Solar cada estudiante debía traer una fruta, según la distribución aleatoria de la profesora, se cortaban a la mitad y se ponían en una mesa, sobre pliegos de cartulina como en la figura 6.



Figura 6. Elaboración del Sistema Solar con frutas.

Como previamente se había hablado sobre el Sistema Solar y el orden de los planetas, se les solicitó a los estudiantes que eligieran frutas y las ordenarían, representando con ellas los planetas y escribieron en la cartulina el nombre de cada planeta. Además, se agregaron detalles como cinturones de asteroides y estrellas de fondo.

Para finalizar, mientras comíamos las frutas, compartimos las ideas y conclusiones de la actividad y posibles interrogantes para discutir a futuro.

3.1.4 La Energía Solar

El Sol es una estrella, es decir, es una esfera llena de gases calientes, principalmente, hidrógeno y helio. Precisamente la energía que genera se produce mediante la fusión nuclear de ambos elementos. También, se pueden encontrar otros elementos, pero en cantidades mucho más pequeñas, oxígeno, carbono, neón y hierro. Uno de los efectos más importantes es que hace posible la vida en el planeta Tierra, junto con la abundancia de agua, gracias al proceso químico de la fotosíntesis.

Para la actividad se hace necesario estar en un espacio abierto como el patio del colegio y tener un día soleado. Posteriormente, se hace uso de una lupa para capturar los rayos solares de forma directa hacia una hoja de papel y observando lo que ocurre en esta como en la figura 7. Durante este espacio surgió el interrogante de qué pasaría si quemamos un paquete de papas fritas vacío, al realizar esta experiencia, los estudiantes pudieron observar cómo éste se quemaba más rápido que la hoja, se explicó que precisamente por acciones como estas, se ocasionan los incendios forestales debido a que en los bosques o zonas naturales los visitantes dejan botellas de vidrio y el reflejo que provocan los rayos solares genera un aumento en la intensidad de energía que se transforma en calor.



Figura 7. Experimento solar con lupas.

4. Conclusiones

Se logró consolidar un club de Astronomía en donde los estudiantes llamados por su gusto por el Arte experimentan, discuten y nutren su curiosidad por la Astronomía, dando respuesta a los cuestionamientos que les surjan de esta rama del saber.

La experimentación ha sido posible desde la expresión artística, materiales como el papel, la pintura, los pinceles, colores y demás, han sido partícipes en el fortalecimiento del pensamiento científico de los estudiantes, esto genera en sus vidas una búsqueda constante por dar respuesta y sentido a lo que ocurre en su medio natural y físico.

A futuro, se pretende ampliar el espacio para que estudiantes de todos los niveles de primaria de la institución puedan integrarse al club de Astronomía *Los Guardianes de Bellatrix* y así al llegar a

secundaria, hagan parte del Semillero de este nivel educativo y tengan la oportunidad de aprender y construir conocimiento colectivo en relación con la Astronomía.

Finalmente, se espera tener la oportunidad de realizar salidas pedagógicas y visitar observatorios cercanos, esto con el fin de seguir motivando a los chicos e incitarlos a la exploración del cielo, buscando con ello nuevos interrogantes sobre el espacio y el universo.

5. Referencias

- Galperin, D., Insaurralde, M., Kauderer, M., Luppi, P., Petrucci, D., Socolovsky, L., & Ure, J. E. (2011). Propuestas didácticas para la enseñanza de la Astronomía. *En Ciencias Naturales. Líneas de acción didáctica y perspectivas epistemológicas. Buenos Aires (Argentina): Novedades Educativas.*
- Infante, L. G., Pérez, E. H., Salas, L. H. L., & Prieto, P. R. (2015). Experiencia de innovación: "Club de astronomía Orión: el conocimiento del universo al alcance de tus manos". *Nodos y Nudos, 4(39)*, 83-93.
- Castañeda Sua, C. A. (2014). Ideas, preguntas y explicaciones de los niños sobre el cielo de Bogotá. *Nodos y Nudos, 4(36)*.
- Zuluaga Grisales, M. M. (2013). *La Astronomía de posición como eje transversalizador de la básica primaria. Facultad de Ciencias.*
- Navarrete Flórez, D. S., & Valderrama, D. A. (2020). Apropiación conceptual de la astronomía en el contexto de la educación primaria.
- Benacchio, L. (2001). The importance of the moon in teaching astronomy at the primary school. In *Earth-Moon Relationships* (pp. 51-60). Springer, Dordrecht.
- Delgado-Serrano, R., & Cubilla, K. (2012). La necesidad de investigar la comprensión de conceptos básicos, de Astronomía y Ciencias en general, en pre-media y media. In *Latin American and Caribbean Conference for Engineering and Technology* (Vol. 10, pp. 23-27).
- Appleton, K. (2003). How do beginning primary school teachers cope with science? Toward an



UNIVERSIDAD DISTRITAL
FRANCISCO JOSÉ DE CALDAS

Góndola, Enseñanza y Aprendizaje de las Ciencias

Número especial, v18, 2023.

11 Congreso Nacional de Enseñanza de la Física y la Astronomía



Crónica de Experiencia

- understanding of science teaching practice. *Research in science education*, 33(1), 1-25.
- Cruz Morales, M. C. (2019). El uso de instrumentos en Astronomía: una propuesta de enseñanza para potenciar la habilidad de observación.
- Kiroglu, K. (2015). Students Are Not Highly Familiar with Astronomy Concepts--But What about the Teachers?. *Journal of Education and Training Studies*, 3(4), 31-41.
- Camino, N., Nardi, R., Pedreros, R., García, E., & Castiblanco, O. (2016). Retos de la Enseñanza de la Astronomía en Latinoamérica. *Góndola, enseñanza y aprendizaje de las ciencias*, 11(1), 5-6.
- Tarquino Cabra, E. M. *Desarrollo de Procesos de Investigación en la Escuela a partir de la Astronomía*.
- Aranzazu Zea, D. A. (2013). La astronomía: ciencia olvidada en la escuela, ¿cómo recuperarla? *Facultad de Ciencias*
- Jiménez Niño, J. O. (2013). Diversidad de sistemas de conocimiento en la enseñanza de la Astronomía con estudiantes de quinto grado de la básica primaria.
- Bocanegra Caro, G. (2018). La Astronomía como recurso de aprendizaje interdisciplinar en la escuela para el grado quinto.
- Buitrago Sierra, L. A. & DAVID ORLANDO GALEANO RUIZ (2019). Astronomía. Una Alternativa para el Tiempo Libre de los Estudiantes del Colegio Alberto Lleras Camargo.
- Baquero Soler, A. (2019). Propuesta didáctica para la enseñanza de la astronomía general en la escuela. *Física*.
- Verret, M. (1975). *Le temps des études*. Paris: Librairie Honoré Champion.
- Estándares básicos de competencias en Ciencias Naturales y Ciencias Sociales, Ministerio de educación Nacional de Colombia (MEN), 2004.
- Agudelo Espítia, C. E., & Ardila, S. C. (2016). Análisis del movimiento circular a partir del estudio del posicionamiento y la trayectoria de algunos satélites artificiales.
- Wegener, A. (2017). El origen de los cráteres lunares. *Enseñanza de las Ciencias de la Tierra*, 25(2), 130-130.
- Stavinschi, M. (2012). Sistema Solar. *14 pasos hacia el Universo*, 34.

UNA REVISIÓN SOBRE EL TRABAJO EXPERIMENTAL EN LA ENSEÑANZA DE LA FÍSICA EN EDUCACIÓN SECUNDARIA

A REVIEW ON THE EXPERIMENTAL WORK IN THE TEACHING OF PHYSICS IN SECONDARY EDUCATION

UMA REVISÃO DO TRABALHO EXPERIMENTAL NO ENSINO DE FÍSICA NO ENSINO SECUNDÁRIO

Nelson Alexander Del Río Osorio* , **Mónica Eliana Cardona Zapata**** 

Del Río, N.; Cardona, M. E. (2023). Una revisión sobre el trabajo experimental en la enseñanza de la física en educación secundaria. *Góndola, Enseñanza y Aprendizaje de las Ciencias*, Número especial, v18, pp.1-14

Resumen

El presente artículo corresponde a la síntesis de una revisión crítica de literatura que tuvo como objetivo analizar el aporte de la producción académica en relación con la implementación de diversas estrategias y recursos para el trabajo experimental en la enseñanza de la física a nivel de secundaria. En dicha revisión se identificaron tendencias sobre la implementación de estrategias y recursos en la actividad experimental, favoreciendo el aprendizaje significativo crítico desde la perspectiva de Moreira. Bajo un enfoque cualitativo, siguiendo los criterios propuestos por Hoyos sobre la investigación documental, se efectuó una búsqueda en 53 revistas en las principales bases de datos: Science Direct, Scopus, Web of Science y Google Scholar y se incluyeron 41 publicaciones en las que se identificaron diferentes recursos, estrategias y enfoques pedagógicos para la implementación del trabajo experimental en la educación secundaria. Así mismo, se definieron dos núcleos temáticos para el análisis de la información, relacionados con la producción académica sobre el trabajo experimental en la enseñanza de la física en secundaria; las estrategias y recursos para la implementación del trabajo experimental. Los resultados revelaron que entre los años 2011 a 2020, se propusieron diversas estrategias y recursos que pueden acompañar la enseñanza de la física con propósitos más experienciales, desde los diversos escenarios de la didáctica de la física como la resolución de problemas, la implementación de tecnologías de la información y la comunicación, la naturaleza de las ciencias y la argumentación.

Palabras-Clave: Educación Básica. Educación Científica. Trabajos Prácticos. Medios de Enseñanza.

Abstract

This article corresponds to the synthesis of a critical literature review that aimed to analyze the contribution of academic production in relation to the implementation of various strategies and resources for experimental work in the teaching of physics at the secondary level. This review

* Magíster en Enseñanza de las Ciencias Naturales y Exactas. Universidad Nacional de Colombia, Sede Medellín. Colombia. ndel@unal.edu.co. <https://orcid.org/0000-0002-1572-5691>

** Magíster en Educación en Ciencias. Universidad de Antioquia. Colombia. meliana.cardona@udea.edu.co. <https://orcid.org/0000-0002-3697-2288>

identified trends on the implementation of strategies and resources for experimental activity, favoring critical significant learning from Moreira's perspective. Under a qualitative approach, following the criteria proposed by Hoyos on documentary research, a search was carried out in 53 journals in the main databases: Science Direct, Scopus, Web of Science and Google Scholar and 41 publications were included in which different resources, strategies and pedagogical approaches for the implementation of experimental work in secondary education were identified. Likewise, two thematic cores were defined for the analysis of the information, related to the academic production on experimental work in the teaching of physics in secondary education; strategies and resources for the implementation of experimental work. The results revealed between the years 2011 to 2020, various strategies and resources that can accompany the teaching of physics with more experiential purposes were proposed, from the various scenarios of the didactics of physics such as problem solving, implementation of information and communication technologies, the nature of science and argumentation.

Keywords: Basic Education; Science Education; Practical Works; Means of instruction.

Resumo

Este artigo corresponde à síntese de uma revisão crítica da literatura que visava analisar a contribuição da produção acadêmica em relação à implementação de várias estratégias e recursos para o trabalho experimental no ensino da física a nível do ensino secundário. Esta revisão identificou tendências na implementação de estratégias e recursos para a actividade experimental, favorecendo uma aprendizagem crítica significativa na perspectiva de Moreira. Sob uma abordagem qualitativa, seguindo os critérios propostos pela Hoyos sobre investigação documental, foi realizada uma pesquisa em 53 revistas nas principais bases de dados: Science Direct, Scopus, Web of Science e Google Scholar e foram incluídas 41 publicações nas quais foram identificados diferentes recursos, estratégias e abordagens pedagógicas para a implementação de trabalho experimental no ensino secundário. Do mesmo modo, foram definidos dois núcleos temáticos para a análise da informação, relacionados com a produção acadêmica sobre o trabalho experimental no ensino da física no ensino secundário; estratégias e recursos para a implementação do trabalho experimental. Os resultados revelaram que entre 2011 e 2020, foram propostas várias estratégias e recursos que podem acompanhar o ensino da física com objectivos mais experimentais, a partir dos vários cenários da didáctica da física como a resolução de problemas, a implementação de tecnologias de informação e comunicação, a natureza da ciência e da argumentação.

Palavras-Chave: Educação Básica; Educação Científica; Trabalho Prático; Recursos Didáticos

1. Introducción

En la enseñanza de la física en la escuela, propiamente en la implementación del trabajo experimental se han presentado algunas problemáticas que se reflejan en el poco dominio

que tienen los estudiantes de los conceptos físicos, la falta de comprensión de los fenómenos naturales y dificultades para la resolución de problemas. Algunos autores como Chávez y Andrés (2016), Carrascosa et al. (2005), mencionan que esta

actividad en la enseñanza de la física aún se realiza en forma de receta; es decir, de una forma tradicional, rígida y centrada en seguir instrucciones. Además, Carrascosa et al. (2005) afirman que el laboratorio tradicional no aporta una visión realista de la ciencia, ni de cómo se construye el conocimiento científico; a su vez, esta forma tradicional no permite despertar el interés por la física ni aprenderla significativamente, entendiendo este aprendizaje como la capacidad de explicar, describir y aplicar conocimientos, incluso en situaciones nuevas, pero siempre con significado (Moreira, 2005).

Una posible causa de lo descrito anteriormente, de acuerdo con diversos autores (Jiménez-Tenorio y Oliva, 2016; Cardona, 2018), se debe a que los profesores en su formación inicial no adquieren una fundamentación pedagógica y didáctica suficiente para implementar el trabajo experimental en su práctica docente; pues a pesar de la importancia de este espacio para la enseñanza de la física, los profesores no acceden a recursos apropiados y las estrategias formativas suelen estar muy alejadas de los planteamientos constructivistas que predominan en la actualidad.

De acuerdo con lo anterior, se realizó una revisión de literatura, que tuvo como propósito analizar los aportes de la producción académica en relación con la implementación de diversas estrategias y recursos para el trabajo experimental en la enseñanza de la física a nivel de secundaria. Se tuvieron en cuenta factores como: referentes teóricos de aprendizaje, conceptos de física abordados, perspectivas sobre el trabajo experimental, estrategias de enseñanza, entre otros. De igual manera, se definieron dos categorías para el análisis de resultados: la producción académica relacionada con el trabajo experimental en secundaria y, las estrategias y recursos para la implementación del trabajo

experimental que favorecieron el aprendizaje de la física.

A continuación, se describen los referentes teóricos que fundamentaron la investigación.

2. Marco de referencia

2.1. Teoría del Aprendizaje Significativo Crítico

La teoría del aprendizaje significativo crítico (TASC) desarrollada por Moreira (2005), es una propuesta que encierra una condición esencial donde los sujetos tienen la posibilidad de ser parte de una cultura y al mismo tiempo estar fuera de ella. En esta teoría Moreira indica que el aprendizaje actual de las personas debe ser no solo significativo sino también subversivo o crítico, buscando que el estudiante pertenezca a una cultura sin ser subyugado por esta; es decir, que se desligue de ella para construir sus propias concepciones; convirtiéndose en un sujeto activo en la construcción de su aprendizaje y asumiendo una posición crítica de su alrededor.

Para favorecer el aprendizaje significativo crítico, Moreira describió 11 principios, ideas o estrategias que orientan la implementación en el aula. No obstante, para este artículo se tuvieron en cuenta dos principios fundamentales, basados en la interpretación y categorización realizada por López (2014) sobre el TASC para focalizar el análisis de la información y el reconocimiento de estrategias y recursos empleados. En dicha categorización se proponen los siguientes principios como pedagógico-didácticos:

Principio de la no centralización en el libro de texto, del uso de documentos, artículos y otros materiales educativos, de la diversidad de materiales educativos.

Desde este principio se combate la idea que los textos son los poseedores de conocimiento como verdad única y acabada. Ya que, en la actualidad,

contrariamente, la información está más accesible y en diferentes fuentes de información. Este principio bajo el aprendizaje significativo crítico considera el libro de texto como otro entre varios materiales de apoyo educativo, no como el único.

Principio de la no utilización de la pizarra, de la participación activa del alumno, de la diversidad de estrategias de enseñanza.

Es claro el principio de la utilización de la pizarra como un medio no absoluto; la no utilización inspira a la creatividad, a pensar estrategias de enseñanza diferentes y obtener como resultados estudiantes más activos con enseñanza centrada en él, favoreciendo el aprendizaje significativo crítico. Estas estrategias diferentes a la pizarra, conducen a actividades colaborativas, seminarios, proyectos, investigaciones, discusiones, paneles, entre otros.

Teniendo en cuenta lo anterior, la TASC se concibe como un referente para las estrategias de enseñanza que puede generar un aprendizaje significativo y en algunos casos crítico, por medio de estos en las aulas, suministran instrumentos para la construcción de conocimientos con un carácter crítico, admitiendo las transformaciones percibidas y representándolas en el mundo cambiante (López, 2014).

2.2. Trabajo experimental en la enseñanza de la física

Para establecer una relación con los propósitos de los principios pedagógico-didácticos planteados en la TASC, se concibe que el trabajo experimental permite un papel activo en el proceso de aprendizaje; desde luego, con actividades que trasciendan “el seguimiento mecánico de instrucciones de una guía pautada y, además, se reconozca una relación de interdependencia entre el dominio teórico y experimental en la construcción del conocimiento” (Pabón et al., 2021, p. 425). Además, la actividad experimental en física

posibilita la observación sobre la realidad y desarrolla las habilidades experimentales (Jaime y Escudero, 2011).

De acuerdo con Romero et al. (2016), la experimentación tiene dos conceptos fundamentales: como una actividad experimental de verificación de conocimientos y la otra como una construcción de social. Desde luego, algunos autores mencionan que no se puede separar la experimentación de la teoría, entendiendo que “de lo que se trata cuando se hace ciencia es de ver el modo en que los pensamientos y la vida experimental concuerdan hasta darnos la idea que efectivamente conocemos algún aspecto de la naturaleza o de la realidad” (Iglesias, 2004, p. 107, citado en Romero, Aguilar y Mejía, 2016). Lo expuesto anteriormente se tuvo en consideración para identificar los tipos de trabajos experimentales que predominan en la enseñanza a nivel de secundaria, de acuerdo con los objetivos expuestos en la presente revisión literaria.

3. Metodología de investigación

La revisión de literatura presentada en este artículo se fundamenta desde un enfoque cualitativo, por el interés de realizar un análisis descriptivo e interpretativo de la producción académica identificada en la literatura académica y científica, en relación con la problemática del trabajo experimental en la enseñanza de la física a nivel de secundaria. Para su desarrollo, se toma como referente la perspectiva de investigación documental propuesta por Hoyos (2000), quien considera que este tipo de investigación genera aportes, referentes teóricos y perspectivas metodológicas sobre un fenómeno de interés social y cultural.

Bajo este enfoque, se retoman algunos elementos metodológicos como los “núcleos temáticos, que son los subtemas que delimitan el campo de

conocimiento; las unidades de análisis, que son los textos individuales como libros, artículos, tesis; y los factores, que son elementos que se destacan como relevantes en las unidades” (Del Río, 2022, p. 26). Así mismo, para dar a conocer las investigaciones que se han tratado sobre el tema de esta revisión, se desarrollaron las cinco fases propuestas por la autora, a saber, preparatoria, descriptiva, interpretativa por núcleo temático, construcción teórica global y, extensión y publicación.

Atendiendo a esta perspectiva, se definieron dos núcleos temáticos: producción académica relacionada con el trabajo experimental en la enseñanza de la física en secundaria y, estrategias y recursos para la implementación del trabajo experimental que favorezcan el aprendizaje de la física a nivel de secundaria. A partir de dichos núcleos, se tuvieron en cuenta como principales factores la población de estudio, los referentes teóricos de aprendizaje, los conceptos de física abordados, las perspectivas sobre el trabajo experimental, las estrategias de enseñanza, el material para el trabajo experimental, entre otros elementos de gran relevancia para el procedimiento de análisis de cada unidad.

En el proceso de revisión de literatura se consultaron 53 revistas, de las cuales se eligieron 22 (14 internacionales y 8 nacionales) encontradas en bases de datos como Scopus, Science Direct, Web of Science y Google Scholar, en los niveles de la educación en general, educación en ciencias y enseñanza de la física. Se estableció un rango de 10 años, entre 2011 y 2020, y se seleccionaron artículos de revistas nacionales e internacionales como unidades de análisis. Los criterios establecidos para dicha revisión fueron los documentos correspondientes a los núcleos temáticos y factores descritos anteriormente.

En cada una de estas revistas se identificaron inicialmente 198 artículos que cumplían los criterios

de revisión. Posteriormente, se establecieron criterios de exclusión como reflexiones teóricas, revisiones documentales y artículos netamente instrumentales; a partir de lo cual se eligieron 41 artículos como unidades de análisis. Así mismo, se realizó un análisis de contenido, mediante el cual se caracterizaron e interpretaron las unidades de análisis, y se establecieron los principales resultados que se describen a continuación.

4. Resultados

Los resultados de la presente revisión dan cuenta de la implementación de diversas estrategias y recursos en el trabajo experimental en física a nivel de secundaria, que buscan favorecer el aprendizaje significativo crítico de los estudiantes. Las unidades de análisis seleccionadas corresponden a artículos de investigación de carácter tanto cuantitativo como cualitativo y se presentan en Tabla 1.

Tabla 1. Unidades de análisis para la revisión de literatura.

Nivel	Nombre de la Revista	Autores
Educación	Unipluriversidad	García y Rentería (2011a)
	Revista Electrónica de Investigación Educativa	Domínguez (2013)
	Tecné, Episteme y Didaxis: TED	García y Rentería (2011b); Acevedo et al. (2013); Méndez y Rodríguez (2014); Quintero (2018)
	Revista científica	Osorio y Patiño (2011); Cifuentes y Reyes (2013)
Enseñanza de las ciencias	Enseñanza de las ciencias: revista de investigación y experiencias didácticas	Sánchez (2017); Da Silva y Orkiel (2017)
	Revista Eureka sobre enseñanza y divulgación de las ciencias	Torres (2011); Ezquerro, Iturrioz y Díaz (2012); Petit y Solbes (2015);



		Calderón et al. (2014); Arandia et al. (2016); Dávila (2017); López et al. (2018); Roldán et al. (2018); Soto et al. (2018); Tomas y Hurtado (2019)
Science & Education		Alpaslan et al. (2017); Hardahl et al. (2019); Ha y Kim (2020)
Investigações em Ensino de Ciências		Prados y Da Silva (2013)
Revista Electrónica de Investigación en Educación en Ciencias		Franzoni et al. (2011)
Enseñanza de la física	Revista Brasileira de Ensino de Física	Hessel et al. (2013); Fanaro et al. (2014); Michels y Zannin (2019); Mendes et al. (2011); Silva et al. (2011); Ribeiro et al. (2012); Silveira et al. (2019)
Latin American Journal of Physics Education		Gil y Di Laccio (2017); Sinning y Sánchez (2019); Boscolo y Loewenstein (2011); Habte (2020)
Revista Enseñanza de la Física		Dima et al. (2015); Alemán (2015); Mesa (2019); Braga y de Franca (2015); Cortela y Sanson (2019)

Fuente: Adaptado de Del Río (2022)

A continuación, se discuten los principales hallazgos para cada una de los núcleos temáticos.

4.1. Producción académica relacionada con el trabajo experimental en la enseñanza de la física en secundaria

Inicialmente se realiza una caracterización de la producción académica relacionada con la temática de investigación; que se presenta en las Tablas 2 y 3.

Tabla 2. Distribución de las unidades de análisis según el año de publicación

Cantidad de artículos por año	
2011	8
2012	2
2013	5
2014	3
2015	4
2016	1
2017	5
2018	3
2019	8
2020	2

Tabla 3. Distribución según el país en el que se realizó el estudio y el idioma

Cantidad de artículos por país		Cantidad de artículos por idioma	
Argentina	7	Español	26
Colombia	9		
España	9		
México	1		
Estados Unidos	2	Inglés	5
Etiopía	1		
Italia	1		
Corea del Sur	1		
Brasil	10	Portugués	10

Fuente: los autores.

De acuerdo con las Tablas 2 y 3, se da un indicio sobre la escasez de investigaciones referentes a la inclusión de la física experimental a nivel de secundaria en las fuentes de información consultadas y un predominio de las publicaciones en países Iberoamericanos.

Así mismo, se identificaron otros factores como los referentes teóricos de aprendizaje que fueron retomados en las unidades de análisis para

fundamentar el diseño de propuestas de enseñanza. En la Tabla 4 se presentan los referentes que fueron identificados.

Tabla 4. Referentes teóricos de aprendizaje identificados en las unidades de análisis

Referente	Autores	Descripción
Aprendizaje colaborativo	Torres (2011) Ezquerria et al. (2012)	Este referente tiene como propósito que los estudiantes trabajen de manera colaborativa para “mejorar la independencia cognitiva, desarrollar habilidades de organización y planeación, aumentar el interés, elevar la autoestima, mejorar la participación y la asistencia a clase” (Del Río, 2022, p.35)
Modelización experimental	García y Rentería (2011a, 2011b)	Consiste en integrar la enseñanza de los conceptos y las teorías científicas, con los procedimientos propios de la producción científica desde una perspectiva constructivista.
Aprendizaje activo	Dima et al. (2015) Gil y Di Laccio (2017)	“Se hace énfasis en el rol activo de quien aprende y su finalidad es que los estudiantes construyan su propio conocimiento” (Del Río, 2022, p.35).

Fuente: los autores.

Como se observa en la Tabla 4, el paradigma predominante en lo que se refiere a las teorías de aprendizaje adoptadas por los autores es el constructivismo; no obstante, en la mayoría de las unidades de análisis no se identificaron otros

referentes. Por otra parte, en relación con la implementación de trabajos prácticos de laboratorio, se identificó que predominan los enfoques propuestos por autores como Hodson (1994, 2003) y Gil-Pérez (1994, 2005, 2006), aunque estos solo se hacen explícitos en el 31% de las unidades de análisis. Así mismo, se encontraron diversas denominaciones para el trabajo experimental, tales como actividad experimental (7%), experiencias (3%), experimentación 3D (3%), experimento (17%), laboratorio (14%), modelización experimental (6%), trabajo experimental (19%), trabajo práctico de laboratorio (12%); en las restantes unidades de análisis (19%) no se especifican una denominación clara.

De acuerdo con lo anterior, se puede afirmar que predomina el uso de términos como experimento y trabajo experimental, lo que coincide con la nominación adoptada para la revisión de literatura que aquí se presenta; no obstante, a pesar de las diferentes nominaciones encontradas en la literatura, se observó que se prioriza “el propósito de favorecer la adquisición de habilidades prácticas del trabajo científico, y en particular, del quehacer de la física por parte de los estudiantes” (Del Río, 2022, p. 38).

Finalmente, se encontró que en la mayoría de los trabajos realizados se abordan conceptos de mecánica y termodinámica; y con menor frecuencia se abordan los conceptos sobre mecánica cuántica, ondas y óptica. A continuación, se profundizará sobre los principales hallazgos en cuanto a los principios del aprendizaje significativo crítico propuestos por Moreira y abordados en la presente revisión.

4.2. Estrategias y recursos para la implementación del trabajo experimental que favorezcan el aprendizaje de la física a nivel de secundaria.

Para el análisis de esta categoría, se consideraron los principios pedagógico-didácticos propuestos por Moreira en la TASC y clasificados por López (2014), los cuales están orientados a encontrar estrategias y recursos que proporcionen un aprendizaje más activo, y a superar las dificultades de la educación tradicional. A continuación, se describen los principales hallazgos en relación con estos principios.

Diversidad de estrategias

Una estrategia de enseñanza, de acuerdo con Anijovich y Mora (2009), se define como un conjunto de orientaciones metodológicas sobre cómo enseñar determinado contenido o área de conocimiento. De acuerdo con esta definición, para el análisis de esta subcategoría, se identificaron las unidades de análisis que describen diversas estrategias propuestas para la implementación del trabajo experimental; además, que pudieran relacionarse con el principio de la diversidad de estrategias propuesto por Moreira (2005).

A partir del análisis de cada una de las unidades revisadas, se encontró que las principales estrategias implementadas por los autores corresponden a aquellas que le son propias a la enseñanza de la física y que potencian el desarrollo de habilidades experimentales, tales como, la resolución de problemas, el uso de Tecnologías de la Información y la Comunicación (TIC), la Naturaleza de las Ciencias y la Argumentación. En la Tabla 5 se presentan los principales hallazgos en relación con cada una de ellas

Tabla 5. Principales estrategias de enseñanza para la implementación de trabajo experimental

Estrategia	Autores	Hallazgos
Resolución de problemas	García y Rentería (2011a y 2011b); Habte (2020)	Estos autores coinciden en proponer situaciones contextualizadas con el propósito de

		mejorar la capacidad de los estudiantes para resolver problemas propios del campo disciplinar.
Naturaleza de las Ciencias	Ribeiro et al. (2012)	Estos autores proponen la implementación de esta estrategia por medio de la modelización de experimentos históricos para discutir con los estudiantes sobre la dimensión histórica y empírica del conocimiento científico.
Argumentación	Domínguez (2013); Dávila (2017); Alpaslan et al. (2017)	Estos autores coinciden en la implementación de esta estrategia para entender cómo se construyen y reconstruyen los significados de conceptos físicos. Además, se proponen discusiones sobre situaciones de causa-efecto para establecer relaciones y dar explicación a fenómenos cotidianos.
Tecnologías de la Información y la Comunicación	Torres (2011); Méndez y Rodríguez (2014); Calderón et al. (2014); Sánchez (2017) López et al. (2018);	Los autores han implementado el uso de recursos que favorecen la visualización de imágenes dinámicas, la construcción de modelos computacionales, la captación de datos



Roldán et al. (2018); Tomas y Hurtado (2019); Mesa (2019); Michels y Zannin (2019); Silva et al. (2011) por medio de sensores y la interacción con fenómenos por medio de entornos virtuales para el aprendizaje de diversos conceptos de física.

Fuente: los autores.

De acuerdo con la Tabla 5, en la mayoría de las unidades de análisis revisadas se propone la implementación de TIC para apoyar el trabajo experimental en la enseñanza de la física. Los autores allí mencionados coinciden en que el uso de estas herramientas favorece diversos tipos de aprendizajes en los estudiantes, como el aprendizaje colaborativo, el aprendizaje activo, el aprendizaje autónomo y el aprendizaje significativo; lo que de acuerdo con Moreira (2005), es fundamental para que los estudiantes adquieran habilidades que les permita desenvolverse en la sociedad actual.

Diversidad de recursos y materiales

El principio de la diversidad de recursos y materiales educativos, según Moreira (2005), tiene como propósito combatir la idea de que los textos son los únicos poseedores del conocimiento; por lo tanto, en la actualidad este principio se evidencia en el sinnúmero de fuentes de información que los docentes y estudiantes tienen a su alcance (Del Río, 2022). En la Tabla 6 se presentan los diversos recursos educativos que fueron identificados en las unidades de análisis para favorecer el aprendizaje de la física a partir de la implementación del trabajo experimental.

Tabla 6. Diversidad de recursos y materiales

Tipos de recursos	Autores
Recursos Web	Torres (2011)

Software	Sánchez (2017); Ezquerro et al. (2012); Méndez y Rodríguez (2014); Gil y Di Laccio (2017); Roldán et al. (2018); Habte (2020); Fanaro et al. (2014)
Materiales Físicos	Osorio y Patiño (2011); Acevedo et al. (2013); Alemán (2015); Quintero (2018); Soto et al. (2018); Prados y Da Silva (2013); Braga y de Franca (2015); Hardahl et al. (2019)
Recursos audiovisuales	Mesa (2019); Cortela y Sanson (2019)
Montajes experimentales	Boscolo y Loewenstein (2011); Hessel et al. (2013); Ha y Kim (2020); Franzoni et al. (2011)
Recursos audiovisuales y Software	Da Silva y Orkiel (2017)
Materiales Físicos y sistema de Adquisición de datos	Silveira et al. (2019)
Materiales Físicos y Software	Calderón et al. (2014); López et al. (2018); Tomas y Hurtado (2019); Sinning y Sánchez (2019)
No lo especifican	García y Rentería (2011a; 2011b); Domínguez (2013); Cifuentes y Reyes (2013); Dima et al. (2015); Petit y Solbes (2015); Arandía et al. (2016); Dávila (2017); Alpaslan, Yalvac y Loving (2017); Ribeiro et al. (2012)

Fuente: los autores.

En la Tabla 6, se observa la variedad de recursos y materiales que los autores emplearon al momento de realizar la experimentación en física. Se pueden identificar principalmente dos grandes categorías que son los recursos físicos y las TIC. En relación con los recursos físicos (materiales físicos, montajes experimentales), fueron implementados con el propósito de mejorar la participación, la seguridad y la confianza en clase de los estudiantes. En las actividades propuestas se presentan diversos

montajes experimentales para replicar fenómenos físicos, reflexionar sobre la epistemología de los experimentos y favorecer el desarrollo de habilidades propias del trabajo experimental.

En relación con el uso de recursos TIC (recursos web, software, sistemas de adquisición de datos), se identificó que existe una gran variedad de herramientas que pueden ser implementadas como apoyo al desarrollo de trabajos experimentales, puesto que proporcionan algunas ventajas sobre el uso de recursos físicos, como la capacidad de realizar mediciones más precisas por medio de sensores, representar fenómenos físicos de manera más dinámica por medio de simulaciones computacionales, modelar dichos fenómenos para construir las simulaciones propias, analizar situaciones por medio de videos y, en general, dinamizar el aprendizaje a partir de la interacción con este tipo de tecnologías.

De acuerdo con lo anterior, a partir del análisis realizado en esta subcategoría, se puede afirmar que la diversidad de recursos y materiales empleados por los diferentes autores, se pueden usar al momento de la enseñanza de la física experimental como insumo para los docentes que deseen una transformación en la enseñanza de esta ciencia.

5. Conclusiones

En relación con el propósito del presente artículo, se concluye que la producción académica relacionada con la temática de investigación da cuenta de la necesidad de continuar favoreciendo el uso de diversas estrategias y recursos para el aprendizaje significativo crítico de la física; además, que acompañen el desarrollo de propuestas que trasciendan el desarrollo de trabajos experimentales por medio de guías tipo receta y se lleven a cabo aquellas que se fundamenten en perspectivas más constructivistas.

De acuerdo con lo anterior, se logró identificar en las unidades de análisis que las investigaciones aquí presentadas describen la implementación de recursos cercanos e innovadores para dar a conocer y explicar los fenómenos físicos; posibilitando al estudiante, manipular, observar, crear hipótesis y generar procesos creativos asociados al fenómeno estudiado.

Finalmente, se puede afirmar que las problemáticas que aún prevalecen para la implementación del trabajo experimental para el aprendizaje de la física, son principalmente que se continúan proponiendo trabajos experimentales por medio de guías tipo receta, reflejando que los profesores no se han apropiado de estrategias formativas coherentes con la perspectiva constructivista, y que aún hay muy poca utilización de recursos TIC, teniendo en cuenta que en aquellos trabajos en los que se propone el uso de estas herramientas, se obtuvieron resultados favorecedores para el aprendizaje de los estudiantes y el uso de metodologías activas acordes con una visión más constructivista.

6. Referencias

- Acevedo, L. C., Porro, S. y Adúriz, A. (2013). Concepciones epistemológicas, enseñanza y aprendizaje en la clase de ciencias. *Tecné, episteme y Didáxis: TED*, 34, 29-46.
- Alemán, M. A. (2015). Trabajo Práctico de Laboratorio de reflexión en el aula. *Revista de Enseñanza de la Física*, 27, 683-689.
- Alpaslan, M. M., Yalvac, B. y Loving, C. (2017). High School Physics Students' Personal Epistemologies and School Science Practice. *Science & Education*, 26(7), 841-865.
- Anijovich, R., y Mora, S. (2009). *Estrategias de enseñanza. Otra mirada al quehacer en el aula*. Aique Educación.
- Arandia, E., Zuza, K. y Guisasola, J. (2016). Actitudes y motivaciones de los estudiantes de ciencias en

- Bachillerato y Universidad hacia el aprendizaje de la Física. *Revista Eureka sobre enseñanza y divulgación de las ciencias*, 13(3), 558-573.
- Boscolo, I. y Loewenstein, R. (2011). The spring-mass experiment as a step from oscillation to waves: mass and friction issues and their approaches. *Latin-American Journal of Physics Education*, 5(2), 409-417.
- Braga, J. G. y de França Ramos, E. M. (2015). Oficinas: ensinando Física com a construção de experimentos de baixo custo. *Revista de Enseñanza de la Física*, 27, 633-637.
- Cardona, M. E. (2018). *La actividad experimental apoyada en el uso de sistemas de adquisición de datos: una propuesta teórico metodológica para favorecer la conceptualización en física*. [Trabajo de investigación de maestría, Universidad de Antioquia].
- Carrascosa, J., Gil, D., Vilches, A., y Valdés, P. (2006). Papel de la actividad experimental en la educación científica. *Caderno Brasileiro de Ensino de Física*, 23(2): 157-181.
- Chávez, J. y Andrés, M. (2016). El uso de Videos para la eficiencia en el aprendizaje-en-acción de la física en el laboratorio. *Investigações em Ensino de Ciências*, 18(1), 43-54.
- Cifuentes, M. A. y Reyes, J. R. (2013). Conocimientos prácticos: estrategias exitosas para la enseñanza de la física. *Revista Científica*, 18, 24-33.
- Cortela, B. S. y Sanson, J. O. B. (2019). O ensino de termodinâmica no ensino médio: a elaboração de uma aula de experimentação e vídeos para entendimento do conceito de entropia. *Revista de Enseñanza de la Física*, 31, 231-236.
- da Silva, S. L. R. y Orkiel, E. (2017). Recursos tecnológicos e ensino de física: estudo do movimento bidimensional com o auxílio do programa Tracker. *Enseñanza de las ciencias*, (Extra), 1429-1434.
- Dávila, M. A. (2017). Las emociones y sus causas en el aprendizaje de Física y Química, en el alumnado de Educación Secundaria. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 14(3), 570-586.
- Del Río Osorio, N. A. (2022). *El trabajo experimental en la enseñanza de la física en secundaria: una revisión crítica de literatura*. [Trabajo de investigación de maestría, Universidad Nacional de Colombia]. <https://repositorio.unal.edu.co/handle/unal/81787>
- Dima, G. N., Savio, M. F. R. y Glusko, C. A. (2015). La Ley de Ohm: resultados de una propuesta experimental desde el enfoque del Aprendizaje Activo de la Física. *Revista de Enseñanza de la Física*, 27(2), 63-71.
- Domínguez, M. A. (2013). Recursos explicativos sobre la energía en clases de Física de nivel secundario: Estudio de caso. *Revista electrónica de investigación educativa*, 15(2), 115-130.
- Ezquerro, Á.M., Iturrioz, I.G. y Díaz, M.P., (2012). Análisis experimental de magnitudes físicas a través de videos y su aplicación al aula. *Revista Eureka Sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 9(2), 252-264.
- Fanaro, M. D. L. Á., Arlego, M. y Otero, M. R. (2014). The double slit experience with light from the point of view of Feynman's sum of multiple paths. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, 36(2), 2308,1-7.
- Franzoni, G., Laburú, C. E. y da Silva, O. H. M. (2011). O desenho como mediador representacional entre o experimento e esquema de circuitos elétricos. *Revista electrónica de investigación en educación en ciencias*, 6(1), 33-43.
- García, J. G. y Rentería, E.R. (2011a). La modelización de experimentos como estrategia didáctica para el desarrollo de la capacidad para resolver problemas. *Uni-pluriversidad*, 11(1), 3-15.
- García, J. G., y Rentería, E.R. (2011b). Modelización de problemas para desarrollar habilidades de experimentación. *Tecné, Episteme y Didaxis*, 29, 44-64.
- Gil-Pérez, D. G. (1994). Diez años de investigación en didáctica de las ciencias: realizaciones y

- perspectivas. *Enseñanza de las ciencias*, 12(2), 154-164.
- Gil-Pérez, D. y Vilches, A. (2005). Inmersión en la cultura científica para la toma de decisiones ¿necesidad o mito? *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 2(3), 302-329.
- Ha, S. y Kim, M. (2020). Challenges of designing and carrying out laboratory experiments about Newton's second law. *Science & Education*, 29(5), 1389-1416.
- Habte, M. (2020). Effectiveness of Visualization on Problem Solving and Experimental Tasks in Learning Heat and Temperature for Grade Nine. *Latin-American Journal of Physics Education*, 14(1), 2.
- Hardahl, L. K., Wickman, P. O. y Caiman, C. (2019). The body and the production of phenomena in the science laboratory. *Science & Education*, 28(8), 865-895.
- Hessel, R., Canola, S. R. y Vollet, D. R. (2013). An experimental verification of Newton's second law. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, 35, 1-5.
- Hodson, D. (1994). Hacia un enfoque más crítico del trabajo de laboratorio. *Enseñanza de las ciencias*, 12(3), 299-313.
- Hodson, D. (2003). Time for action: Science education for an alternative future. *International journal of science education*, 25(6), 645-670.
- Hoyos, C. (2000). *Un modelo para investigación documental: guía teórico-práctica sobre construcción de Estados del Arte con importantes reflexiones sobre la investigación*. Señal Editora.
- Jaime, E. A. y Escudero, C. (2011). El trabajo experimental como posible generador de conocimiento en enseñanza de la física. *Enseñanza de las Ciencias*, 29(3), 371-380.
- Jiménez-Tenorio, N. y Oliva, J. M. (2016). Aproximación al estudio de las estrategias didácticas en ciencias experimentales en formación inicial del profesorado de Educación Secundaria: descripción de una experiencia. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 13(1), 121-136.
- López, S. Y. (2014). El aprendizaje significativo crítico. *Cuadernos Pedagógicos*, 448, 58-59.
- López, V., Grimalt, C. y Couso, D. (2018). ¿Cómo ayuda la Pizarra Digital Interactiva (PDI) a la hora de promover prácticas de indagación y modelización en el aula de ciencias? *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 15(3), 330201-330215.
- Mendes, L., Machado, W.S. y Cardoso, P. M. D. (2011). A carga específica do elétron: um enfoque histórico e experimental. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, 33(1), 1-7.
- Méndez, G. y Rodríguez, S. (2014). Physics Tracker: Una implementación didáctica para la presentación del tema tiro parabólico en bachillerato. *Tecné, Episteme y Didaxis: TED*, número extraordinario, 734-739.
- Mesa, M. (2019). Una propuesta metodológica para orientar el laboratorio de física haciendo uso de tecnologías emergentes y el enfoque STEM. *Revista de Enseñanza de la Física*, 31(extra), 525-530.
- Moreira, M. A. (2005). Aprendizaje significativo crítico. *Indivisa: Boletín de estudios e investigación*, (6), 83-102
- Osorio, J. y Patiño, S. (2011). Conceptos de termodinámica entendidos desde la experimentación (calor, temperatura, energía). *Revista Científica*, 1(13), 320-325.
- Pabón, J. D., Cardona, M., López, S., Arias, V. y Jiménez, J. (2021). Recursos educativos digitales en los trabajos prácticos de laboratorio en física. *Tecné, Episteme y Didaxis: TED*, 424-431.
- Petit, M.P. y Solbes, J. M. (2015). El cine de ciencia ficción en las clases de ciencias de enseñanza secundaria (I). Propuesta didáctica. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 311-327.
- Prados, J. L. y da Silva, M. D. F. (2013). Uma investigação da influência da reconceitualização das atividades experimentais demonstrativas no ensino da óptica no ensino médio. *Investigações em Ensino de Ciências*, 18(2), 239-262.



UNIVERSIDAD DISTRITAL
FRANCISCO JOSÉ DE CALDAS

Góndola, Enseñanza y Aprendizaje de las Ciencias

Número especial, v18, 2023.

11 Congreso Nacional de Enseñanza de la Física y la Astronomía



Resultado de Investigación

- Quintero, O. Y. (2018). 2B037 Enseñanza de la física en un contexto vulnerable: visita a un parque de atracciones como una forma de observar, experimentar y analizar el tema de la conservación de la energía. *Tecné, Episteme y Didaxis: TED*, número extraordinario, 1-7.
- Ribeiro, L. A. J., Cunha, M. F. y Laranjeiras, C. C. (2012). Simulação de experimentos históricos no ensino de física: uma abordagem computacional das dimensões histórica e empírica da ciência na sala de aula. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, 34(4), 4602.
- Roldán, C., Perales, F. J., Ruiz, B., Moral, C. y de la Torre, A. (2018). Enseñando a programar por ordenador en la resolución de problemas de Física de Bachillerato. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 15(1), 1301, 1-17.
- Romero, Á., Aguilar, Y. y Mejía, L. S. (2016). Naturaleza de las ciencias y formación de profesores de física. El caso de la experimentación. CPU-e. *Revista de Investigación Educativa*, (23), 75-98.
- Sánchez, A. (5-8 de septiembre de 2017). *Experimentos de física con Modellus* [Ponencia]. X Congreso Internacional sobre Investigación en Didáctica de las Ciencias, Sevilla, España.
- Silva, J. R., Germano, J. S. y Mariano, R. S. (2011). SimQuest-ferramenta de modelagem computacional para o ensino de física. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, 33, 01-088.
- Silveira, M. V., Barthem, R. B y Santos, A. C., (2019). Propuesta didáctica experimental para la enseñanza inclusiva de ondas en el bachillerato. *Revista Brasileña de Educación Física*, 4.
- Sinning, G. G. y Sánchez, D. G. (2019). Desarrollo de habilidades experimentales en estudiantes de educación media vocacional mediante el uso de prototipos para el aprendizaje del concepto de la constante de gravedad. *Latin-American Journal of Physics Education*, 13(1), 1302, 1-6.
- Soto, M., Couso, D. y López, V. (2018). Una propuesta de enseñanza-aprendizaje centrada en el análisis del camino de la energía “paso a paso”. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 16(1), 2-10.
- Torres, V. Z. (2011). Aplicación de weblogs para incrementar el aprendizaje sobre termodinámica a nivel preuniversitario. *Revista Eureka sobre enseñanza y divulgación de las ciencias*, 8(1), 71-83.

EL DESARROLLO DE LA CREATIVIDAD EN CUARTO DE PRIMARIA A PARTIR DEL APRENDIZAJE DE LA FÍSICA

O DESENVOLVIMENTO DA CRIATIVIDADE NA QUARTA DO ENSINO PRIMÁRIO A PARTIR DA APRENDIZAGEM DA FÍSICA

THE DEVELOPMENT OF CREATIVITY IN THE FOURTH OF PRIMARY SCHOOL FROM THE LEARNING OF PHYSICS

Johan Sebastian Bustos Mora*, Olga Lucía Castiblanco Abril**

Bustos, J. S.; Castiblanco, O. (2023). El desarrollo de la creatividad en cuarto de primaria a partir del aprendizaje de la física. *Góndola Enseñanza y Aprendizaje de las Ciencias*, v18, número especial, PP. 1-17

Resumen

Se estudio el aprendizaje de la física en básica primaria enmarcada en el área de las ciencias naturales, partiendo de la forma en que se abordan los fenómenos físicos. A partir de experiencias propias y observaciones de clase se evidencia la poca relevancia que se le da a la enseñanza de la física cuando se trata de enseñanza a niños. Teniendo en cuenta que el aprendizaje de la física desarrolla el pensamiento crítico y reflexivo en los individuos, el integrar a esto el desarrollo del pensamiento creativo permite un proceso cognitivo capaz de generar nuevas ideas en los individuos. Este trabajo resalta el proceso creativo de los estudiantes de cuarto de primaria en la clase de física, dando la posibilidad de articular el pensamiento creativo a los aspectos importantes del Pensamiento Científico desarrollado en la clase de física. En este contexto, surge el interrogante sobre cuál es el impacto en la creatividad que genera la clase de física en el estudiante de primaria. La propuesta tiene como objetivo integrar el pensamiento creativo como un eje fundamental en el proceso de formación en ciencias de los estudiantes. Buscando reconocer dentro del discurso del estudiante y su actitud frente a la clase, el desarrollo del pensamiento creativo teniendo en cuenta la: iniciativa, fluidez, motivación, e innovación, como indicadores principales de la creatividad. La investigación fue cualitativa de tipo intervención, con base en las técnicas y procedimientos de la teoría fundamentada por medio de una propuesta didáctica para el aprendizaje de algunos conceptos de física. Se realizo en un Colegio público al sur de la ciudad de Bogotá, con estudiantes del grado de cuarto de primaria. Se logro identificar apropiaciones de conceptos en el discurso argumentativo de los estudiantes y una participación activa en la clase de física, adicionalmente de su comprensión sobre los temas relacionados por medio de un análisis tanto propio como conjunto en la clase desarrollada.

Palabras clave: Didáctica, Educación primaria, Ciencias físicas, proceso cognitivo

Abstract

The learning of physics in primary school framed in the area of natural sciences was studied, starting from the way in which physical phenomena are approached. From own experiences and class observations, it is evident the little relevance that is given to the teaching of physics when it comes to teaching children. Taking into account that learning physics develops critical and reflective thinking in individuals, integrating the development of creative thinking into this allows a cognitive process capable of generating new ideas in individuals. This work highlights the creative process of fourth grade students in physics class, giving the possibility of articulating creative thinking to the important aspects of Scientific Thought developed in physics class. In this context, the question arises about what is the impact on the creativity that the physics class generates in the primary student. The proposal aims to integrate creative thinking as a fundamental axis in the science training process of students. Seeking to recognize within the student's speech and their attitude towards the class, the development of creative thinking taking into account: initiative, fluency, motivation, and innovation, as main indicators of creativity. The research was qualitative of the intervention type, based on the techniques and procedures of grounded theory through a didactic proposal for the learning of some physics concepts. It was carried out in a public school in the south of the city of Bogotá, with fourth grade students. It was possible to identify appropriations of concepts in the argumentative discourse of the students and an active participation in the physics class, in addition to their understanding of the related topics through both their own and a joint analysis in the developed class.

Keywords: Didactics, Primary education, Physical sciences, cognitive process

Resumo

Estudou-se a aprendizagem da física na escola primária enquadrada na área das ciências naturais, a partir da forma como são abordados os fenômenos físicos. A partir de experiências próprias e observações de aulas, fica evidente a pouca relevância que é dada ao ensino de física quando se trata de ensinar crianças. Levando em conta que aprender física desenvolve o pensamento crítico e reflexivo nos indivíduos, integrar o desenvolvimento do pensamento criativo a isso permite um processo cognitivo capaz de gerar novas ideias nos

* Estudiante de Licenciatura en Física. Universidad Distrital Francisco José de Caldas. Grupo de Investigación en Enseñanza y Aprendizaje de la Física. jsbustosm@udistrital.edu.co ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0402-2672>

** PhD. En Educación para la Ciencia. Universidad Distrital Francisco José de Caldas. olcastiblancoa@udistrital.edu.co ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8069-0704>.

individuos. Este trabajo destaca o processo criativo de alunos da quarta série na aula de física, dando a possibilidade de articular o pensamento criativo aos aspectos importantes do Pensamento Científico desenvolvido na aula de física. Nesse contexto, surge o questionamento sobre qual é o impacto na criatividade que a aula de física gera no aluno primário. A proposta visa integrar o pensamento criativo como eixo fundamental no processo de formação científica dos alunos. Procurando reconhecer na fala do aluno e na sua atitude perante a aula, o desenvolvimento do pensamento criativo tendo em conta: iniciativa, fluência, motivação e inovação, como principais indicadores de criatividade. A pesquisa foi qualitativa do tipo intervenção, baseada nas técnicas e procedimentos da grounded theory por meio de uma proposta didática para o aprendizado de alguns conceitos da física. Foi realizado em uma escola pública do sul da cidade de Bogotá, com alunos da quarta série. Foi possível identificar apropriações de conceitos no discurso argumentativo dos alunos e uma participação ativa na aula de física, além da compreensão dos temas relacionados por meio de análise própria e conjunta na aula desenvolvida.

Palavras chave: Didática, Ensino Fundamental, Ciências Físicas, Processo Cognitivo

1. Introducción

Al observar la enseñanza de la física en básica primaria enmarcada en el área de las ciencias naturales genera cierto interés los contenidos tratados por los docentes y la forma de abordar los fenómenos físicos. A partir de experiencias propias y observaciones de clase se evidencia la poca relevancia que se le da a la enseñanza de la física y sobre todo al abordaje conceptual cuando se trata de enseñanza a niños. Por otro lado, los docentes de básica primaria no tienen la suficiente preparación en contenidos de la física y la forma de enseñarlos, cayendo en un discurso incomprensible y una enseñanza tradicional (Mosquera & Gómez, 2011).

Cabe resaltar que los temas de física resultan de interés para las personas de distintas edades y contextos sociales, además de lo anterior, la enseñanza de la física desarrolla un pensamiento crítico y reflexivo en los individuos, de acuerdo con Fonseca y Castiblanco (2020) y Castiblanco et al (2019), e integrar a esto el desarrollo de la creatividad de los estudiantes de primaria permite un proceso cognitivo capaz de generar nuevas ideas e ir más allá de simplemente repetir el discurso de otros, parte del carácter crítico del pensamiento requiere una interacción entre la intuición y la imaginación (Meller, 2019). Por lo tanto se realiza este trabajo como una muestra del proceso creativo de los estudiantes de cuarto de primaria en una clase de física, dando la posibilidad de articular el pensamiento creativo a los aspectos importantes del pensamiento científico desarrollado por medio de la clase de física. La propuesta tiene

como objetivo integrar el pensamiento creativo como un eje fundamental en el proceso de formación en ciencias de los estudiantes. También se busca reconocer dentro del discurso del estudiante y su actitud frente a la clase, el desarrollo del pensamiento creativo teniendo en cuenta la: iniciativa, fluidez, motivación, e innovación, como criterios principales de la creatividad.

2. Marco de Referencia

2.1. Didáctica de la enseñanza de la física

Se abordará la perspectiva del libro didáctica de física (Castiblanco y Nardi, 2023), el cual desarrolla la formación del docente en enseñanza de la física, a partir de tres dimensiones diferentes las cuales dotan al docente de una apropiación más amplia de la clase de física. Principalmente desde la dimensión interaccional se proponen estrategias de comunicación entre el profesor y el estudiante, echo que potencia la participación de diferentes formas por parte de los estudiantes ya sea por medio de escritos, historias u otras actividades. También se abordará la dimensión sociocultural la cual trata el conocimiento más allá del aula y abarcando más el contexto e intereses del estudiante, propiciando un ambiente educativo diferente al tradicional. Finalmente se aborda la dimensión disciplinar como el dominio del docente no solo en contenidos científicos sino también en contenido disciplinar a la hora de abordar la clase de física. Si bien las ciencias se enseñan de una forma estructural en la escuela primaria, el componente de física puede abarcar bastantes contenidos que se espera

resulten de interés para los niños y a su vez generen un crecimiento tanto intelectual como personal en su formación.

2.2. Enseñanza de ciencias naturales en primaria

La construcción de conocimiento científico a edades tempranas parte desde los conceptos de los estudiantes, donde ya poseen ciertas explicaciones a algunos fenómenos naturales y la labor de la escuela es revisar estos conceptos y construir nuevas interpretaciones. De acuerdo con Pujol (2007) esta construcción debe ir orientada de forma progresiva de tal manera que el estudiante construya su discurso de forma coherente y lógica, con el objetivo de darse a entender. La autora establece que un individuo el cual no puede expresar sus ideas difícilmente podrá interpretar las de los demás. La intención de relacionar el lenguaje con el proceso interpretativo de las ciencias permite indagar en la formación de conocimiento en los estudiantes, de esta forma, no se trata de tomar la ciencia como un nuevo lenguaje a aprender, sino más como consolidar unas ideas referentes al mundo físico y natural, utilizando herramientas orales, escritas o gráficas, que propicien la participación y a su vez el proceso interpretativo y argumentativo del estudiante.

2.3. Metodologías de enseñanza de la física en primaria

En trabajos como los de Muñoz (2014), Vega, Naranjo & Flórez (2018), Martínez (2013) y Villarraga (2016) se exploran diferentes metodologías de enseñanza sobresaliendo en estas

investigaciones la enseñanza por indagación y el aprendizaje significativo. Todos enmarcados en un proceso de formación constructivista donde la interacción con el medio físico y social juega un rol importante en la construcción de nuevos conocimientos, además de la resignificación de algunos otros. Se hace énfasis el trabajo que realizan Vega, Naranjo & Flórez donde se caracterizan cinco estrategias metacognitivas para favorecer el proceso de aprendizaje de las ciencias. Estos trabajos dan constancia de como al aplicar un modelo diferente al tradicional en la enseñanza de la física se obtienen resultados diferentes en el proceso analítico del estudiante, mostrando así que la enseñanza de conceptos físicos en primaria es una posibilidad que depende en mayor medida de la disposición, conocimiento y posibilidades del docente.

2.4. Pensamiento científico y creatividad

Ken Robinson establece que la creatividad humana está constituida por un gran potencial de imaginación, y que a su vez este se puede desarrollar dentro de las aulas desde la conciencia del profesor como educador creativo (Martínez-González, 2020). Entender la creatividad como una capacidad inerte al ser humano permite ligarla a la educación del individuo de forma que ya no se habla solo de una formación integral donde se busque desarrollar el pensamiento crítico y reflexivo, sino también adjuntar el pensamiento creativo como un componente complementario a estos dos, de forma que el pensamiento científico se sustente en estos tres conceptos. De acuerdo con Lukomski (1994) el pensamiento científico requiere

tener cierta capacidad creativa para desarrollar un análisis conceptual y sobre todo en física, donde los elementos son entidades conceptuales que de cierta forma pasan por un proceso reduccionista que permite hacer más fácil su comprensión.

3. Metodología de investigación

3.1. Pregunta de investigación

Las metodologías utilizadas para la enseñanza de la física en estudiantes de cuarto de primaria suelen recaer en una enseñanza tradicional en el mejor de los casos, ya que algunos profesores de este ciclo escolar no tienen los conocimientos tanto pedagógicos como científicos para trabajar de forma correcta algunos temas que se abordan en el área de ciencias naturales relacionados con el campo de la física. El proceso de formación del estudiante debe abordarse más allá de cumplir con los contenidos dados por el lineamiento curricular, y enfocarse en un proceso pedagógico donde el pensamiento científico se desarrolle por medio de tres pilares fundamentales como lo son el pensamiento crítico, reflexivo y creativo, siendo este último la prioridad de esta investigación.

El proceso de aprendizaje y enseñanza de la física basado en la perspectiva didáctica de Castiblanco & Nardi (2023) permite abordar todo el proceso pedagógico para responder a la pregunta de investigación ¿cuál es el impacto que genera en la creatividad del estudiante de cuarto de primaria el aprendizaje de la física?

Esta investigación se realizará en un colegio público de la ciudad de Bogotá, en el grado de cuarto de primaria, donde los niños

ven en su currículo estudiantil temas enfocados a fenómenos físicos, el aula es de tipo convencional y no se tiene registro de ningún estudiante con alguna diversidad destacable, el grupo de trabajo son estudiantes activos y se tomara la hora de la clase de ciencias naturales para realizar la toma de datos en la jornada de la mañana.

3.2. Tipo de investigación

Se realizará una investigación cualitativa de tipo intervención, según el enfoque de Flick (2004), buscando por un lado informar con objetividad, claridad y precisión las observaciones del ámbito social implicado. Por otro lado, este tipo de investigación considera la situación desde el punto de vista de los participantes y solo se puede validar a través del trabajo con ellos. Se busca sistematizar la información por medio de las cuatro fases fundamentales planteadas por García et al (1996), Guerrero (1989). Este tipo de investigación cualitativa contribuye a una reflexión sistemática sobre la práctica educativa con intención de mejoras y cambios tanto en el ámbito personal como en el social, manteniendo el carácter objetivo en los aspectos importantes de la clase de ciencias, esto por medio de rejillas de observación que mida el impacto de las metodologías utilizadas por los docentes en las clases de ciencias a través de la interacción de los estudiantes y sus modelos explicativos.

3.3. Instrumento de toma de datos

Se busca desarrollar una intervención que permita evaluar el impacto creativo de los estudiantes, para ello se decidió basarse en las

tipologías de experimentación de Castiblanco (2021) más concretamente el uso del experimento casero como un recurso que nos permita abordar tanto los intereses de la clase como los intereses de los estudiantes. Por lo tanto, la intervención estará estructurada en tres fases, la primera será la introducción al contenido de la clase por medio de dos actividades preparadas, la segunda fase consistirá en la presentación del experimento además de ser posible la construcción e interacción con el mismo y la tercera fase se dedicará a la reflexión y análisis del experimento construido. La intervención se realizará en el grado de cuarto de primaria con edades entre los 8 y 10 años, además el colegio es de carácter distrital y está ubicado en la zona sur de Bogotá donde los niños de primaria toman clase únicamente en horas de la tarde.

3.4. Técnica de análisis de datos

Para el análisis de datos se realizó un análisis del discurso (ad) el cual permite analizar la teoría, el texto y la conversación (Van-Dijk, 2016), de esta manera podemos estudiar el discurso no solo a manera de ver “lo que se dice” sino también el “como se dice”. Se realizaron diferentes categorías de análisis para los mismos, las cuales se dividieron por sesiones y se estructuraron cuatro indicadores generales para toda la investigación.

4. Resultados

Desarrollar una clase de física en primaria requiere unas metodologías y manejo de la clase lo menos tradicional posible, lo cual en muchas ocasiones es

arriesgado y difícil para los docentes. Sin embargo, las sesiones de clases que se dieron permitieron a los estudiantes manifestar un desarrollo en sus habilidades sociales, habilidades científicas e interés por la clase de física, todo esto reflejado tanto en su participación como interés en la clase y los temas.

Para esta investigación se realizaron tres sesiones de clases orientadas a medir el impacto del aprendizaje de la física en la creatividad de los niños, las sesiones en general llevaron el título de fuerzas y movimiento, un tema que según el ministerio de educación se debe aprender en este ciclo escolar. Las clases se dieron a partir de dos diferentes actividades y un experimento que permitieron tomar datos de los cuales surgieron las siguientes categorías de análisis: disposición a la clase, participación en la clase, concepciones propias, descripción e identificación de variables y desarrollo conceptual. Estas categorías estarán descritas de forma separada para las dos actividades y el experimento realizados. Es importante resaltar el entorno completo en el que se desarrollaron las diferentes actividades, ya que era un salón de clases de primaria tradicional y el docente investigador estuvo a cargo del grupo sin ayuda del docente titular de la institución. Las conversaciones puestas en el artículo están señaladas con la letra D para la intervención del docente y la letra E para las intervenciones de los estudiantes.

4.1. Colisiones y movimiento

Esta actividad se desarrolló en tres. Primero fue la descripción del suceso: en esta fase se colocaron tres pelotas en línea recta en el centro del salón donde todos observaban el

fenómeno y se postularon dos situaciones, la primera es tomar la pelota uno y lanzarla hacia la pelota dos que esta junto a la pelota tres, la segunda situación es lanzar la pelota uno igualmente pero adicional a esto alguien sostendría la pelota dos desde arriba.

Después se procedió a la predicción del suceso: en grupos de a cinco o seis estudiantes debían realizar las respectivas predicciones de lo que sucedería en cada una de las situaciones, no podían interactuar con el montaje, durante este momento se aclaraban dudas de las situaciones, y la actividad en general.

Finalmente, las conclusiones del suceso: después de ver lo que sucedía se realizaban cambios a la forma de lanzar la pelota o sostener la otra, de esta manera se realizaban hipótesis entre todos sobre lo que estaba ocurriendo físicamente con las pelotas durante la actividad.

4.1.1. Disposición de la clase

Para esta primera actividad los estudiantes manifestaron su interés por una clase de ciencias naturales diferente aclarándoles desde el principio de que se trataba el desarrollo de las clases y la actividad a desarrollar. Uno de los datos relacionados con esta categoría, fue el del cambio del espacio habitual de clase, el acomodar el salón de una manera diferente les genera cierta incertidumbre en torno a el tipo de clase que se pretende abordar, si bien tienen disposición a esta, primero se manifiesta dudas en torno al cambio, dudas como:

E1= ¿ósea que no vamos a tener clase?

E2= ¿profe vamos a jugar, o porque nos organizamos así?

Sin embargo, el saber que se dará una clase diferente no es motivo de decepción para ellos, por el contrario, al ver que se trae una propuesta de actividad para la clase se muestran más interesados en la clase.

Por otro lado, el nivel de atención en la clase fue un factor clave en el desarrollo de esta, los niños se encontraban dispersos en tanto espacio y algunos se evidenciaba no estaban interesados en la clase o no atendían a las instrucciones correctamente, esto fue alrededor de un 10% de los estudiantes de la clase.

4.1.2. Participación en la clase

Los estudiantes mostraban interés no solo en las actividades propuestas sino también en los temas que se estaban desarrollando, de esta forma a pesar que la disposición a la clase no era del 100%, la participación si llego a ese porcentaje. De esta forma se tenía estudiantes que querían hacer parte de la actividad ayudando al docente con la actividad, y otros querían hacer parte de ella explicando lo que sucedía, se tenían conversaciones como la descrita a continuación:

E1= profe yo sé que va a pasar

D= cuéntame

E1= cuando sostengamos la pelota dos y lancemos la pelota uno solo se moverá la pelota tres por que el rebote pasa de una al otro, no sé dónde lo vi, pero sé que lo vi

D= ¿y en la primera situación donde no se tiene ninguna y se lanza la pelota 1?

E1= no sé, pero quería contarle lo que sabia, mi grupo ya está pensando en la uno

D= perfecto ya veremos qué pasa, pero me gusta lo que me dices.

No solo había participaciones de ese estilo antes de lanzar las pelotas, sino también manifestaban interés en el trabajo en equipo

de forma que cada uno cumplía un rol diferente en ellos. Después de lanzar las pelotas y evaluar que tan acertadas fueron las predicciones, la participación de los estudiantes fue mucho más activa dando paso a conversaciones como:

- E1= profe mi grupo acertó
- E2= profe mi grupo no acertó
- E3= profe nosotros acertamos a una y la otra no
- E4= debería lanzar más fuerte, o desde más lejos, o en tal dirección
- E5= si profe, que tal ahora si se muevan como dijimos
- E6= profe yo acerté a la segunda predicción porque mi papa tiene unas bolitas en la oficina que se parecen y cuando uno suelta una desde arriba, solo sale empujada la final, así pensé que pasaría en el segundo caso y si paso, solo que lanzándola en lugar de dejarla caer.

Opiniones y aportes por el estilo hubo bastantes, donde se evidenciaba una justificación para lo sucedido, tanto en los que acertaron como los que no, y por sí mismos buscaban explicar por qué sucedía ese fenómeno donde predominaban conceptos como rebote, fuerza, velocidad y movimiento. Los cuales fueron aclarados y explicados para entender si aplicaban o no en estos casos en particular.

4.1.3. *Concepciones propias*

Las concepciones propias vienen dadas por el sentido común de los individuos, esto a su vez relacionado con su contexto personal donde parten sus modelos explicativos, todos estos se manifiestan cuando los estudiantes tratan de explicar no solo su punto de vista sino también tratan de entender el del otro, dando paso a discusiones como:

- E1= pero la pelota dos se movió un poquito profe, entonces mi grupo acertó

D= tienen razón, se movió un poco, pero si lo comparamos con el movimiento de la pelota tres, ¿qué podemos decir?

E2= que se movió muy poco

E1= pero igual se movió

D= en muchos casos sucede esto, y cuando relacionamos dos cosas y una es demasiado pequeña en comparación con la otra, podemos decir que es despreciable

E2= es decir que ese movimiento es despreciable

E1= pero solo porque se movió mucho la otra

E2= igual se mira como que no se movió la pelota

D= estamos todos de acuerdo

E1= si profe.

Igualmente sucedía con la predicción de lo que iba a suceder, donde los estudiantes en sus grupos que creían tener razón buscaban convencer a los otros explicándoles con ejemplos como el choque entre canicas, o con bolas de billar, otros hacían bolas de papel y algunos más arriesgados se empujaban simulando las pelotas.

4.1.4. *Descripción e identificación de variables*

Los estudiantes daban algunos conceptos e iban catalogando estos por cuenta propia como variables a tener en cuenta, esto se evidencia en momentos de la actividad cuando pedían al docente que lanzara más fuerte la pelota, que eso aseguraría que las dos se moverían, es decir relacionan el movimiento a la fuerza, hubieron situaciones donde la dirección de la pelota tres le llamo la atención a un estudiante y se comenzó a variar también la dirección de lanzamiento, todo el proceso de relación e identificación de variables se fue dando a manera de debate y por medio de discusiones como la siguiente:

- D= si lanzo más fuerte la pelota uno, la tres se va a mover más lejos, ¿y que la detiene?

E1= ¿alguna fuerza?

E2= no, porque la fuerza hace mover las cosas

E1= pero la gravedad hace que se detenga, ¿si es la gravedad profe?

E3= ¿profe el piso tiene algo que ver?

D= si, recuerden que ese tipo de fuerza se genera al entrar en contacto uno más objetos.

E2= ósea que el piso y la pelota hacen una fuerza

D= si, cuando se mueve por el piso aparece una fuerza llamada fricción

E2= esa es la que hace que se detenga, no la gravedad

D= si, la gravedad tiene que ver como una fuerza diferente a las de contacto, y veremos la otra clase cuantas fuerzas intervienen en los objetos, y no captamos a simple vista.

Esta identificación de variables ayudo a tener una charla más fluida puesto que los estudiantes adaptaban el lenguaje y comenzaban a orientar su discurso de forma clara para el docente y para los compañeros a la vez.

4.1.5. Desarrollo conceptual

Durante esta primera actividad se fueron desarrollando ideas no solo entorno a las fuerzas y movimiento, sino también a diferentes temas de física que causaban interés en los estudiantes y con una buena orientación del docente se puede utilizar este tipo de intereses para enriquecer la clase, de esta forma había situaciones como la siguiente:

E1= profe cuando damos vueltas la falda del uniforme se levanta, ¿por qué?

D= porque al girar se generan unas fuerzas de rotación y hacen que las puntas de la falda se levanten, pero hay más fuerzas y factores que intervienen

E1=la fricción con el aire, ¿verdad profe?

D= entre muchas otras, pero si esa también tiene que ver.

Después de conversaciones de este estilo, los estudiantes organizaban situaciones explicativas donde el efecto del rozamiento

entre dos cuerpos iba relacionado a la fricción, además de identificar la fuerza de contacto como una fuerza que nace de la interacción de la materia, para lo cual ellos mismos definieron como todo aquello que ocupa espacio y permitió hablar sobre la masa de las cosas, la tangibilidad de las cosas y la idea de la fuerza de contacto como un tipo de fuerza pero no la única fuerza que existe.

4.2. Pesca electrizante

En esta fase se diseñaron unas cañas de pesca a partir de palos de madera y popotes en su punta, de forma que la punta del palo fuera de plástico, la intención era poder cargar estas puntas estáticamente para recoger la mayor cantidad de papeles distribuidos en una mesa, sin embargo, la mesa tenía unos peses que si se tocaban se perdía los puntos de esa pesca, por grupos ubicados en fila pasaban de uno por uno el primero de cada fila para tratar de pescar.

Después de explicado el juego se procedió al desarrollo del mismo. Durante la actividad los chicos tenían que cargar estáticamente la punta de la caña de pesca, esto lo podían hacer con el pelo, la ropa o unas telas que el docente trajo para la actividad, además la intención era que pasara al menos dos veces cada uno de los grupos por lo que el juego llevo más tiempo de lo esperado, el ganador sería quien pescara más papeles.

Después de acabar la actividad los estudiantes discutieron sus problemas durante la misma, contaron los puntos adquiridos y se declaró un grupo ganador, así mismo después del juego nos sentamos en el piso formando un círculo para hablar de lo trabajado en las dos sesiones y hablar de la clase final.

4.2.1. Disposición de la clase

Durante la segunda actividad se contó con mayor tiempo del esperado ya que los estudiantes llegaron antes del descanso, donde todos manifestaron una disposición completa a la clase y con curiosidad de saber cuál era la actividad que se trabajaría en esa clase, todos querían participar del juego que se tenía organizado así que las instrucciones las entendieron bien y acataron cada una de las ordenes de forma rápida y efectiva, aunque había problemas de orden, esto no interfirió con el desarrollo conceptual que se quería realizar, sin embargo si hizo que la actividad se extendiera más de lo necesario.

4.2.2. Participación en la clase

La participación por parte de los estudiantes fue también del 100% durante esta actividad, y no solo pasando uno a uno a pescar, sino también en la motivación e ideas que presentaban durante la misma, estaban pendientes por ver quien faltaba por pasar, como lo estaban haciendo, querían solucionar los problemas que algunos compañeros tenían para pescar o cargar estáticamente la caña de pesca, su objetivo era ser el equipo con más puntos por lo cual cuando se lograba una buena cantidad de puntos pescados entre ellos se motivaban, y cuando no se capturaban tantos puntos, el mismo grupo entraba a ver que paso y solucionar, viendo estos errores como una oportunidad de cambiar su estrategia de juego y no como un problema del compañero.

4.2.3. Concepciones propias

Algunos estudiantes hacían referencia a el efecto que se produce cuando se frota un globo con la cabeza y se le levanta el cabello cuando se sube el globo, algunos otros al escuchar la palabra, “electroestática” hablaban de imanes, cargas positivas y negativas y pilas o baterías. Al consultar al inicio de la clase si se podían mover las cosas sin tocarlas se dio una discusión de la siguiente manera:

E1= No, para mover las cosas debemos tocarlas, y eso es una fuerza de toque

D= Una fuerza de contacto, todo lo que nos toque hace contacto con nosotros.

E2= Pero los imanes mueven cosas sin tocarlas, ¿ósea que si se puede?

D= ¿Y lo que hace ese movimiento será una fuerza?

E3=Pues debe ser una fuerza porque lo mueve

E4= Pues los imanes atraen cosas o las empujan, ósea que, si se puede mover cosas sin tocarlas, pero no sé cómo se llama eso

D= eso chicos es una fuerza a distancia, resulta que, si podemos mover cosas sin tocarlas. Para ello recurrimos a las fuerzas a distancia son fuerzas que no necesitan contacto para interactuar con la materia.

E5= como los imanes

D= ¿Se le ocurre otra fuerza a distancia?

Varios E= ¡No!

D= Los imanes no son la fuerza, la fuerza se llama fuerza magnética y aparece debido a la carga de los objetos, y otra muy conocida pero ignorada es la gravedad, ¿Conocen la gravedad?

E6= Es la que nos mantiene pegados a la tierra

E7= Es la que hace caer las cosas al suelo

D= Bien es la fuerza que nos atrae a la tierra, si lanzo un objeto y este cae, ¿Qué lo hace caer?, justo lo que decían la gravedad lo jala, es decir, hace una fuerza a distancia y lo hace caer.

Se evidencia que conocen e identifican varios términos, algunos de forma incompleta o con una idea conceptual errónea, sin embargo, bastante acertada. Estos conocimientos son

atribuibles a un estudio o conocimientos propios puesto que manifestaban en la clase que nunca habían tenido clase de física, y lo que me contaban eran datos de la televisión, libros y charlas que escuchaban.

4.2.4. Descripción e identificación de variables

Esta actividad permitió a los estudiantes identificar variables de forma consiente todo el tiempo. El primero indicio de identificación se vio en la forma de cargar estáticamente la caña de pescar, cuando se dio la indicación de frotar cada estudiante intento con el pelo propio, con la tela que llevo el docente y con el buso del colegio, cuando veían los resultados replicaban el que fuese más efectivo, aun así, trataron con la sudadera, con la mesa, con una hoja, con todo lo que pudieran frotar descartando así materiales uno a uno y quedándose con el buso y el pelo como materiales que más cargaban las cañas. Después de esto entre los grupos discutían cuando alguno fallaba en pescar como debían cargar la caña, si frotar más rápido, más despacio o más duro, factores que si bien son difíciles de controlar identificaban como variables dentro de la actividad que podían manipular en pro de conseguir el objetivo. Tanto la forma de meter la caña, la forma de sacar los papeles pescados y la forma de descargar la caña para volverla a cargar, eran decisiones controladas por ellos llegando al punto de compartir sus descubrimientos con los grupos que más atrás iban, no solo querían ganar sino también buscaban que todos entendieran como poder ganar.

4.2.5. Desarrollo conceptual

En este aspecto se trabajó a partir de las concepciones propias y las ideas que se fueron desarrollando en las dos actividades, durante el juego de la pesca se relacionó la idea de cargar la caña y capturar papeles como una forma de hacer un imán, de manera que los papeles no necesitaban que subieran sino introducían la caña y ellos quedaban pegados a esta, claro está no era el objetivo, pero hubo una discusión al acabar la actividad que dio muestra de un resultado útil para la investigación:

D= Se dieron cuenta que no necesitaban tocar cosas para moverlas

E1= Si porque tocamos el papel con la caña

E2= Si, pero la fuerza que sostenía al papel era magnética, y esa es la fuerza a distancia

E3= Si profe, cuando cogemos el papel lo sostiene como si fuera imán, no solo las fuerzas mueven cosas, también las detienen como la fricción.

El trabajar conceptos e ideas desarrolladas durante las dos clases e identificar las diferencias de las mismas permite evidenciar un cambio tanto entre los conceptos como en el discurso de los estudiantes, lo cual permitió cerrar la clase con una serie de preguntas por parte de los estudiantes entorno a las fuerzas físicas y sus efectos, para esto se sentaron en el piso formando una circunferencia y preguntaban.

La intención tanto del docente como de los alumnos era dejar claro los conceptos trabajados así que se hizo una pregunta para iniciar lo que fue más de la mitad de la sesión de clase respondiendo preguntas y realizando explicaciones.

D= ¿El aire genera una fuerza de distancia o de contacto?

E1= De distancia por que yo soplo desde acá y lo golpea lejos allá.

E2= De contacto por que nos toca

D= Recuerden que todo lo que tiene masa e interactúa con algo que tenga masa, son fuerza de contacto

E3= Pero el aire no tiene masa profe

D= ¿El aire no tiene masa?

E2= Si profe si pesa, cuando se infla un globo se cae, y el profe dijo que la gravedad jala todo lo que tenga materia o masa.

E3=Si, pero hay globos que flotan o se van para arriba.

D= Eso tiene que ver con algo llamado densidad, pero en efecto el aire tiene masa, todo lo que ustedes puedan sentir, tiene masa, entonces el aire al tocarlos genera una fuerza de contacto. Al soplar lo que hacen es empujar ese aire.

E1= Entonces es como la pelota, y al tocar la otra es otra fuerza a distancia y así si se tocan muchas seguidas.

E5= Profe el sonido es una fuerza a distancia mire, yo he visto como los bafles empujan cosas con el sonido o si yo le pego a la mesa se mueve el papel al otro lado.

D= El sonido resulta que es una onda que se mueve por el material, pero lo que hace que se mueva el papel es una fuerza que también se mueve por el material, digamos en el caso de la mesa cuando le pegas la fuerza se distribuye por toda la mesa hasta llegar al papel, y con el sonido de los bafles, pues se mueve el aire como antes explicamos y pasa ese efecto.

E5= Entiendo profe.

Durante esta charla, aparecieron conceptos y preguntas que ayudaron a trabajar más entorno a las fuerzas y sus movimientos, también referente a la pesca se pudo trabajar la idea de pares de fuerzas refiriéndonos a la fuerza de acción y la fuerza de reacción esto mediante explicaciones con un globo y su movimiento, también los estudiantes explicaban sus ideas con materiales que teníamos a la mano, dando diferentes experimentos mentales, contando historias de situaciones vividas, haciendo reflexiones sobre valores humanos, trabajo en

equipo y apreciaciones que tienen sobre la ciencia y como estos fueron cambiando.

4.3. Jet car con globo

Durante la segunda sesión se mostró el Jet Car impulsado por un globo, el diseño fue sencillo, y la intención era que ellos preguntaran y estudiaran su funcionamiento con el fin de hacer su propio carro impulsado por globo, el objetivo de hacer este carro era ganarle al del docente y para conseguir este objetivo debían aplicar consciente o inconsciente mente lo trabajado en las clases, la última sesión se realizó esta actividad junto al cierre de toda la investigación.

4.3.1. Disposición de la clase

Para esta clase la disposición podría separarse entre los que tenían el carro funcional y los que no, además de que todos llevaron se propio diseño, cabe resaltar que una estudiante que no vino a clases participo de esta construcción y menciono que hablo con compañeros que le contaron lo realizado en las dos clases. Un factor determinante para la actividad fue la infraestructura del salón puesto que tenían cillas móviles lo cual generaba una dispersión del aula mucho más grande que las sillas convencionales, de modo que mantener el orden y su atención fue mucho más complicado.

4.3.2. Participación en la clase

En este aspecto la participación se vio disminuida en el aspecto de la carrera, todos participaron en la actividad y la discusión pero no todos pudieron hacer la carrera debido a problemas con la construcción del

carro, antes de comenzar la carrera se habló uno a uno los problemas que tuvieron y como construyeron su auto, algunos tomaron esta información para tratar de mejorar el que tenían y ver si lo hacían funcionar, es otra forma de participación, algunos otros que tenían funcionando su propio carro decidieron ayudar a sus compañeros con los que tenían a la mano. Otro aspecto importante fue el orden en el momento de hacer la carrera, todos estaban acomodados como debía ser, tras la línea, sin hacer trampa y sin molestar a los otros, a pesar de tener un objetivo estaban interesados en ver el funcionamiento de todos los autos.

4.3.3. *Concepciones propias y descripción e identificación de variables*

En esta actividad se juntan estas dos categorías con el fin de realizar una sola discusión de la misma, ya que según lo trabajado en clase los estudiantes realizaron sus propias identificaciones de variables en el carro, identificando no solo las partes de este sino también la interacción de cada una con el entorno, algunos atribuían la velocidad a la que se movía con la masa que tenía el carro, también a como se movía el auto según el material de las llantas, algunos también les interesaba la forma de las llantas, la potencia que tenía el globo para impulsar la relacionaban con la salida del aire, y así cada parte del carro tenía un efecto físico diferente a interpretar.

Cuando se discutió los problemas por los cuales no se movía el carro del estudiante, cada uno tenía una idea propia de cuáles eran sus errores, pero no sabían cómo solucionarlos. Algunas ideas estaban

relacionadas con las clases trabajadas y otros con sus conceptos propios.

4.3.4. *Desarrollo conceptual*

Durante la discusión final los estudiantes resolvieron dudas de ellos y sus compañeros, utilizaron términos aprendidos en las tres sesiones de clases y resultaron mucho la importancia de las fuerzas en el movimiento de los objetos. Una parte destacable es la relación que utilizaban entre fuerza y cantidad de movimiento, llegando a involucrar las variables trabajadas durante el curso, de esta forma una de las explicaciones que más llamó la atención fue a la hora de detectar problemas en uno de los autos contenidos:

E1= Mi carro no se mueve profe y todo está bien en las llantas y demás

D= Miremos entre todos que puede ser, ¿Cuál es la diferencia entre esta base del carro y la de tu compañera?

E2= Que mi carro tiene cartón y el de ella fomi

E1= Pero si el fomi es más liviano debería ir más rápido

E2= Si, pero el aire le hace fricción cómo dijo el profe, yo recordé el papel, el papel se demora en caer por qué el aire lo ralentiza, entonces el fomi debe ser similar

E1= Pues por eso no lo hice en papel, pero el fomi debería funcionar

D= Bueno, la idea estuvo muy buena, claro el fomi es liviano entonces ayuda a que no tengas que mover tanta masa, pero el material presenta mucha fricción con el aire, y moverlo a través del aire es difícil, entonces teníamos que pensar en un material que no tuviera tampoco tanta fricción con el aire, yo elegí cartulina, otro cartón, ese carro de icopor también fue buena idea.

E2= Yo pensé en hacerlo en papel, pero se tía que el impulso que le daba el globo podía ser tanto que lo hiciera flotar un poco entonces no quise

E3= Yo tengo cartón, pero no sé movía mi carro

D= recuerden que no solo es el aire el que hace que aparezcan otras fuerzas, también está el piso y si la fuerza que tiene el globo no es suficiente para superar la fricción que detiene las llantas pues no se moverá el carro.

El impulso generado por el globo fue el factor fundamental de todo el análisis final de los estudiantes, pues no dependía solo de la cantidad de aire que le colocaban, sino como salía este, si la salida era grande o pequeña, la velocidad que alcanzaría el carro y el tiempo que duraría antes de frenarse.

Todos estos factores fueron señalados en el discurso de cada uno de los estudiantes. Además, en sus apreciaciones de la clase no solo mencionaban los temas trabajados y aprendidos sino resaltaban el gusto por una clase diferente a las tradicionales, el interés de poder trabajar con compañeros y hacer proyectos en casa.

5. Conclusiones

Dadas las categorías de análisis y las recurrencias de cada una de estas durante las sesiones y buscando responder la pregunta problema, se reducen a cuatro indicadores predominantes para evaluar la creatividad en los estudiantes durante el proceso de aprendizaje de la física.

El primer indicador es la iniciativa la cual se encuentra reflejada durante las diferentes tomas de decisiones que presentan los estudiantes en la clase de física, no solo se ve en su amplia participación en la clase sino también en la forma de interactuar con el docente para compartir sus ideas y posibles soluciones.

El segundo indicador es el de la fluidez, tanto en su discurso como en la

expresión corporal durante la clase, las clases de física permitieron que los niños tuvieran un enriquecimiento conceptual y una alfabetización científica que les permitía encontrar alternativas a palabras e ideas que querían postular, así como también la forma de interactuar en la clase les permitía expresar ideas con sus cuerpos y gestos.

El tercer indicador es el de la motivación, que se refleja en aquellas acciones tomadas por los estudiantes en cuanto a los temas de física se tratan, ya que, si bien participar en las actividades activamente es un criterio de motivación, el interés de la investigación es entorno al aprendizaje de la física, y esta motivación se ve reflejada en las preguntas que los estudiantes desarrollan entorno a los sucesos vistos o los temas conocidos. La motivación también se puede evidenciar en la actitud de los estudiantes para ayudar a comprender a los otros, si bien existe un carácter competitivo en las actividades, implícitamente los estudiantes generan un análisis científico para poder llegar a cumplir el objetivo de la misma.

El cuarto indicador es el de la innovación, el cual se ve reflejado sobre todo en la identificación de variables y la modificación de estas, también se identifica un factor de innovación a la hora de relacionar lo aprendido con lo conocido, de esta manera el aprendizaje de la física genera un cambio en la forma de abordar los fenómenos conocidos y experimentarlos desde otros puntos de vista con un fundamento científico.

A partir de estos indicadores se puede concluir que existe un proceso creativo durante el aprendizaje de la física, que impacta de manera inconsciente al estudiante en un proceso común para ellos, como lo es el

jugar, socializar, responder preguntas, entre otras, que se presentó durante las clases. El proceso de aprender física para los niños no se tornó complejo o tedioso. También se puede evidenciar que se manifestó un interés por entender las situaciones propuestas tanto por ellos como por el docente, utilizando lo aprendido y apropiándose del discurso para llevarlo a diferentes contextos propios. Esta forma de impactar al estudiante permite que el desarrollo del pensamiento científico se sienta de forma más natural, permitiendo un aprendizaje significativo y un desarrollo de valores humanos durante la clase. Si bien no se pudo medir un grado cuantitativo de creatividad en esta investigación, se pudo dar muestra que existe todo un proceso creativo a la hora de pensar la física por parte de los estudiantes y que el aprendizaje de la misma, puede potenciar el desarrollo del pensamiento creativo en los individuos.

6. Referencias

Castiblanco, O. (2021). Tipologías de experimentación para la enseñanza de la Didáctica de la Física. Edições Hipótese, Itapetininga, Brasil.

Castiblanco, O. L.; Salinas, X. P.; León, Y. P.; Vizcaíno, D. F. (2019). Enseñando a construir modelos explicativos de física en torno a juguetes. *Infancias Imágenes*, 18(1), 21-35. Disponible en <
<https://doi.org/10.14483/16579089.12876>

Castiblanco, O.; Nardi, R. (2023). *Didáctica de la Física*. São Paulo: Cultura acadêmica.

Díaz, A. P. (2020). La enseñanza de las ciencias en básica primaria y la formación de profesores: primary science education and

teacher training. *Noria investigación educativa*, v1, n5, pp.22-29.

Flick, U. (2004). *Introducción a la investigación cualitativa*. Ediciones Morata pp.1-327.

Fonseca, Y.; Castiblanco, O. (2020). Desarrollo del pensamiento crítico y reflexivo a partir de la enseñanza del sonido. *Tecné, Episteme y Didaxis: TED*, v47, pp.111-136.

García, E.; Gil-Flores, J.; Rodríguez, G. (1996). *Metodología de la investigación cualitativa*. España: aljibe.

García, S. I. (2012). *La indagación en la ciencia y en las clases de ciencias naturales (física), como una estrategia para propiciar los procesos de adquisición del conocimiento en la básica primaria*. Tesis de Maestría en Enseñanza de las Ciencias Exactas y Naturales, Universidad Nacional de Colombia.

Guerrero, S. J. (1989). La enseñanza de la física en primaria (Un estudio del sexto grado en el Estado de Michoacán). *Revista Mexicana de física*, v36, n3, pp. 431-445.

Lukomski, A. (1994). La creatividad en la ciencia según la concepción de Janlukasiewicz. *Universitas philosophica*, v11, n2, pp. 87-96.

Martínez-González, J. S. (2020). Una mirada al interior del modelo educativo fomentando la creatividad. *Con-ciencia serrana boletín científico de la escuela preparatoria ixtlahuaco*, v2, n3, pp.16-17.

Martínez, D. P. (2013). *Propuesta de enseñanza y aprendizaje del concepto "Fuerza" para niños de quinto grado de educación básica primaria*. Facultad de

Ciencias Tesis Maestría en Ciencias Exactas y Naturales, Universidad Nacional de Colombia.

<https://repositorio.unal.edu.co/handle/unal/20093>

Meller, P. (2019). *Claves para la educación del futuro: Creatividad y pensamiento crítico*. Editorial Catalonia.

Mosquera, J. A., & Rojas, S. A. (2011). *La enseñanza de la física en la básica primaria: análisis de caso de una maestra de ciencias naturales*. Tesis pregrado, Licenciatura en Física, Universidad de Antioquia.

<https://bibliotecadigital.udea.edu.co/handle/10495/22689>

Muñoz, A. M. (2014). *La indagación como estrategia para favorecer la enseñanza de las ciencias naturales*. Tesis Maestría en Ciencias Exactas y Naturales, Universidad Nacional de Colombia.

<https://repositorio.unal.edu.co/handle/unal/53146>

Pujol, R. M. (2007). *Una ciencia que enseñe a hablar. Didáctica de las ciencias en educación primaria*, pp. 155-173. España: Síntesis.

Van-Dijk, T. A. (2016). Análisis crítico del discurso. *Revista Austral de Ciencias Sociales*, v30, pp. 203-222.

Vega Verona, A. L., Naranjo Zuluaga, C. P. y Florez Nisperuza, E. P. (2018). Estudio de metacognición en niños y la comprensión de textos para el aprendizaje de las ciencias naturales. *Tecné, Episteme y Didaxis: TED*, (Extraordin).

<https://revistas.pedagogica.edu.co/index.php/TED/article/view/8780>

UNA REVISIÓN SOBRE EL TRABAJO EXPERIMENTAL EN LA ENSEÑANZA DE LA FÍSICA EN EDUCACIÓN SECUNDARIA

A REVIEW ON THE EXPERIMENTAL WORK IN THE TEACHING OF PHYSICS IN SECONDARY EDUCATION

UMA REVISÃO DO TRABALHO EXPERIMENTAL NO ENSINO DE FÍSICA NO ENSINO SECUNDÁRIO

Nelson Alexander Del Río Osorio* , **Mónica Eliana Cardona Zapata**** 

Del Río, N.; Cardona, M. E. (2023). Una revisión sobre el trabajo experimental en la enseñanza de la física en educación secundaria. *Góndola, Enseñanza y Aprendizaje de las Ciencias*, Número especial, v18, pp.1-14

Resumen

El presente artículo corresponde a la síntesis de una revisión crítica de literatura que tuvo como objetivo analizar el aporte de la producción académica en relación con la implementación de diversas estrategias y recursos para el trabajo experimental en la enseñanza de la física a nivel de secundaria. En dicha revisión se identificaron tendencias sobre la implementación de estrategias y recursos en la actividad experimental, favoreciendo el aprendizaje significativo crítico desde la perspectiva de Moreira. Bajo un enfoque cualitativo, siguiendo los criterios propuestos por Hoyos sobre la investigación documental, se efectuó una búsqueda en 53 revistas en las principales bases de datos: Science Direct, Scopus, Web of Science y Google Scholar y se incluyeron 41 publicaciones en las que se identificaron diferentes recursos, estrategias y enfoques pedagógicos para la implementación del trabajo experimental en la educación secundaria. Así mismo, se definieron dos núcleos temáticos para el análisis de la información, relacionados con la producción académica sobre el trabajo experimental en la enseñanza de la física en secundaria; las estrategias y recursos para la implementación del trabajo experimental. Los resultados revelaron que entre los años 2011 a 2020, se propusieron diversas estrategias y recursos que pueden acompañar la enseñanza de la física con propósitos más experienciales, desde los diversos escenarios de la didáctica de la física como la resolución de problemas, la implementación de tecnologías de la información y la comunicación, la naturaleza de las ciencias y la argumentación.

Palabras-Clave: Educación Básica. Educación Científica. Trabajos Prácticos. Medios de Enseñanza.

Abstract

This article corresponds to the synthesis of a critical literature review that aimed to analyze the contribution of academic production in relation to the implementation of various strategies and resources for experimental work in the teaching of physics at the secondary level. This review

* Magíster en Enseñanza de las Ciencias Naturales y Exactas. Universidad Nacional de Colombia, Sede Medellín. Colombia. ndel@unal.edu.co. <https://orcid.org/0000-0002-1572-5691>

** Magíster en Educación en Ciencias. Universidad de Antioquia. Colombia. meliana.cardona@udea.edu.co. <https://orcid.org/0000-0002-3697-2288>

identified trends on the implementation of strategies and resources for experimental activity, favoring critical significant learning from Moreira's perspective. Under a qualitative approach, following the criteria proposed by Hoyos on documentary research, a search was carried out in 53 journals in the main databases: Science Direct, Scopus, Web of Science and Google Scholar and 41 publications were included in which different resources, strategies and pedagogical approaches for the implementation of experimental work in secondary education were identified. Likewise, two thematic cores were defined for the analysis of the information, related to the academic production on experimental work in the teaching of physics in secondary education; strategies and resources for the implementation of experimental work. The results revealed between the years 2011 to 2020, various strategies and resources that can accompany the teaching of physics with more experiential purposes were proposed, from the various scenarios of the didactics of physics such as problem solving, implementation of information and communication technologies, the nature of science and argumentation.

Keywords: Basic Education; Science Education; Practical Works; Means of instruction.

Resumo

Este artigo corresponde à síntese de uma revisão crítica da literatura que visava analisar a contribuição da produção acadêmica em relação à implementação de várias estratégias e recursos para o trabalho experimental no ensino da física a nível do ensino secundário. Esta revisão identificou tendências na implementação de estratégias e recursos para a actividade experimental, favorecendo uma aprendizagem crítica significativa na perspectiva de Moreira. Sob uma abordagem qualitativa, seguindo os critérios propostos pela Hoyos sobre investigação documental, foi realizada uma pesquisa em 53 revistas nas principais bases de dados: Science Direct, Scopus, Web of Science e Google Scholar e foram incluídas 41 publicações nas quais foram identificados diferentes recursos, estratégias e abordagens pedagógicas para a implementação de trabalho experimental no ensino secundário. Do mesmo modo, foram definidos dois núcleos temáticos para a análise da informação, relacionados com a produção acadêmica sobre o trabalho experimental no ensino da física no ensino secundário; estratégias e recursos para a implementação do trabalho experimental. Os resultados revelaram que entre 2011 e 2020, foram propostas várias estratégias e recursos que podem acompanhar o ensino da física com objectivos mais experimentais, a partir dos vários cenários da didáctica da física como a resolução de problemas, a implementação de tecnologias de informação e comunicação, a natureza da ciência e da argumentação.

Palavras-Chave: Educação Básica; Educação Científica; Trabalho Prático; Recursos Didáticos

1. Introducción

En la enseñanza de la física en la escuela, propiamente en la implementación del trabajo experimental se han presentado algunas problemáticas que se reflejan en el poco dominio

que tienen los estudiantes de los conceptos físicos, la falta de comprensión de los fenómenos naturales y dificultades para la resolución de problemas. Algunos autores como Chávez y Andrés (2016), Carrascosa et al. (2005), mencionan que esta

actividad en la enseñanza de la física aún se realiza en forma de receta; es decir, de una forma tradicional, rígida y centrada en seguir instrucciones. Además, Carrascosa et al. (2005) afirman que el laboratorio tradicional no aporta una visión realista de la ciencia, ni de cómo se construye el conocimiento científico; a su vez, esta forma tradicional no permite despertar el interés por la física ni aprenderla significativamente, entendiendo este aprendizaje como la capacidad de explicar, describir y aplicar conocimientos, incluso en situaciones nuevas, pero siempre con significado (Moreira, 2005).

Una posible causa de lo descrito anteriormente, de acuerdo con diversos autores (Jiménez-Tenorio y Oliva, 2016; Cardona, 2018), se debe a que los profesores en su formación inicial no adquieren una fundamentación pedagógica y didáctica suficiente para implementar el trabajo experimental en su práctica docente; pues a pesar de la importancia de este espacio para la enseñanza de la física, los profesores no acceden a recursos apropiados y las estrategias formativas suelen estar muy alejadas de los planteamientos constructivistas que predominan en la actualidad.

De acuerdo con lo anterior, se realizó una revisión de literatura, que tuvo como propósito analizar los aportes de la producción académica en relación con la implementación de diversas estrategias y recursos para el trabajo experimental en la enseñanza de la física a nivel de secundaria. Se tuvieron en cuenta factores como: referentes teóricos de aprendizaje, conceptos de física abordados, perspectivas sobre el trabajo experimental, estrategias de enseñanza, entre otros. De igual manera, se definieron dos categorías para el análisis de resultados: la producción académica relacionada con el trabajo experimental en secundaria y, las estrategias y recursos para la implementación del trabajo

experimental que favorecieron el aprendizaje de la física.

A continuación, se describen los referentes teóricos que fundamentaron la investigación.

2. Marco de referencia

2.1. Teoría del Aprendizaje Significativo Crítico

La teoría del aprendizaje significativo crítico (TASC) desarrollada por Moreira (2005), es una propuesta que encierra una condición esencial donde los sujetos tienen la posibilidad de ser parte de una cultura y al mismo tiempo estar fuera de ella. En esta teoría Moreira indica que el aprendizaje actual de las personas debe ser no solo significativo sino también subversivo o crítico, buscando que el estudiante pertenezca a una cultura sin ser subyugado por esta; es decir, que se desligue de ella para construir sus propias concepciones; convirtiéndose en un sujeto activo en la construcción de su aprendizaje y asumiendo una posición crítica de su alrededor.

Para favorecer el aprendizaje significativo crítico, Moreira describió 11 principios, ideas o estrategias que orientan la implementación en el aula. No obstante, para este artículo se tuvieron en cuenta dos principios fundamentales, basados en la interpretación y categorización realizada por López (2014) sobre el TASC para focalizar el análisis de la información y el reconocimiento de estrategias y recursos empleados. En dicha categorización se proponen los siguientes principios como pedagógico-didácticos:

Principio de la no centralización en el libro de texto, del uso de documentos, artículos y otros materiales educativos, de la diversidad de materiales educativos.

Desde este principio se combate la idea que los textos son los poseedores de conocimiento como verdad única y acabada. Ya que, en la actualidad,

contrariamente, la información está más accesible y en diferentes fuentes de información. Este principio bajo el aprendizaje significativo crítico considera el libro de texto como otro entre varios materiales de apoyo educativo, no como el único.

Principio de la no utilización de la pizarra, de la participación activa del alumno, de la diversidad de estrategias de enseñanza.

Es claro el principio de la utilización de la pizarra como un medio no absoluto; la no utilización inspira a la creatividad, a pensar estrategias de enseñanza diferentes y obtener como resultados estudiantes más activos con enseñanza centrada en él, favoreciendo el aprendizaje significativo crítico. Estas estrategias diferentes a la pizarra, conducen a actividades colaborativas, seminarios, proyectos, investigaciones, discusiones, paneles, entre otros.

Teniendo en cuenta lo anterior, la TASC se concibe como un referente para las estrategias de enseñanza que puede generar un aprendizaje significativo y en algunos casos crítico, por medio de estos en las aulas, suministran instrumentos para la construcción de conocimientos con un carácter crítico, admitiendo las transformaciones percibidas y representándolas en el mundo cambiante (López, 2014).

2.2. Trabajo experimental en la enseñanza de la física

Para establecer una relación con los propósitos de los principios pedagógico-didácticos planteados en la TASC, se concibe que el trabajo experimental permite un papel activo en el proceso de aprendizaje; desde luego, con actividades que trasciendan “el seguimiento mecánico de instrucciones de una guía pautada y, además, se reconozca una relación de interdependencia entre el dominio teórico y experimental en la construcción del conocimiento” (Pabón et al., 2021, p. 425). Además, la actividad experimental en física

posibilita la observación sobre la realidad y desarrolla las habilidades experimentales (Jaime y Escudero, 2011).

De acuerdo con Romero et al. (2016), la experimentación tiene dos conceptos fundamentales: como una actividad experimental de verificación de conocimientos y la otra como una construcción de social. Desde luego, algunos autores mencionan que no se puede separar la experimentación de la teoría, entendiendo que “de lo que se trata cuando se hace ciencia es de ver el modo en que los pensamientos y la vida experimental concuerdan hasta darnos la idea que efectivamente conocemos algún aspecto de la naturaleza o de la realidad” (Iglesias, 2004, p. 107, citado en Romero, Aguilar y Mejía, 2016). Lo expuesto anteriormente se tuvo en consideración para identificar los tipos de trabajos experimentales que predominan en la enseñanza a nivel de secundaria, de acuerdo con los objetivos expuestos en la presente revisión literaria.

3. Metodología de investigación

La revisión de literatura presentada en este artículo se fundamenta desde un enfoque cualitativo, por el interés de realizar un análisis descriptivo e interpretativo de la producción académica identificada en la literatura académica y científica, en relación con la problemática del trabajo experimental en la enseñanza de la física a nivel de secundaria. Para su desarrollo, se toma como referente la perspectiva de investigación documental propuesta por Hoyos (2000), quien considera que este tipo de investigación genera aportes, referentes teóricos y perspectivas metodológicas sobre un fenómeno de interés social y cultural.

Bajo este enfoque, se retoman algunos elementos metodológicos como los “núcleos temáticos, que son los subtemas que delimitan el campo de

conocimiento; las unidades de análisis, que son los textos individuales como libros, artículos, tesis; y los factores, que son elementos que se destacan como relevantes en las unidades” (Del Río, 2022, p. 26). Así mismo, para dar a conocer las investigaciones que se han tratado sobre el tema de esta revisión, se desarrollaron las cinco fases propuestas por la autora, a saber, preparatoria, descriptiva, interpretativa por núcleo temático, construcción teórica global y, extensión y publicación.

Atendiendo a esta perspectiva, se definieron dos núcleos temáticos: producción académica relacionada con el trabajo experimental en la enseñanza de la física en secundaria y, estrategias y recursos para la implementación del trabajo experimental que favorezcan el aprendizaje de la física a nivel de secundaria. A partir de dichos núcleos, se tuvieron en cuenta como principales factores la población de estudio, los referentes teóricos de aprendizaje, los conceptos de física abordados, las perspectivas sobre el trabajo experimental, las estrategias de enseñanza, el material para el trabajo experimental, entre otros elementos de gran relevancia para el procedimiento de análisis de cada unidad.

En el proceso de revisión de literatura se consultaron 53 revistas, de las cuales se eligieron 22 (14 internacionales y 8 nacionales) encontradas en bases de datos como Scopus, Science Direct, Web of Science y Google Scholar, en los niveles de la educación en general, educación en ciencias y enseñanza de la física. Se estableció un rango de 10 años, entre 2011 y 2020, y se seleccionaron artículos de revistas nacionales e internacionales como unidades de análisis. Los criterios establecidos para dicha revisión fueron los documentos correspondientes a los núcleos temáticos y factores descritos anteriormente.

En cada una de estas revistas se identificaron inicialmente 198 artículos que cumplían los criterios

de revisión. Posteriormente, se establecieron criterios de exclusión como reflexiones teóricas, revisiones documentales y artículos netamente instrumentales; a partir de lo cual se eligieron 41 artículos como unidades de análisis. Así mismo, se realizó un análisis de contenido, mediante el cual se caracterizaron e interpretaron las unidades de análisis, y se establecieron los principales resultados que se describen a continuación.

4. Resultados

Los resultados de la presente revisión dan cuenta de la implementación de diversas estrategias y recursos en el trabajo experimental en física a nivel de secundaria, que buscan favorecer el aprendizaje significativo crítico de los estudiantes. Las unidades de análisis seleccionadas corresponden a artículos de investigación de carácter tanto cuantitativo como cualitativo y se presentan en Tabla 1.

Tabla 1. Unidades de análisis para la revisión de literatura.

Nivel	Nombre de la Revista	Autores
Educación	Unipluriversidad	García y Rentería (2011a)
	Revista Electrónica de Investigación Educativa	Domínguez (2013)
	Tecné, Episteme y Didaxis: TED	García y Rentería (2011b); Acevedo et al. (2013); Méndez y Rodríguez (2014); Quintero (2018)
	Revista científica	Osorio y Patiño (2011); Cifuentes y Reyes (2013)
Enseñanza de las ciencias	Enseñanza de las ciencias: revista de investigación y experiencias didácticas	Sánchez (2017); Da Silva y Orkiel (2017)
	Revista Eureka sobre enseñanza y divulgación de las ciencias	Torres (2011); Ezquerro, Iturrioz y Díaz (2012); Petit y Solbes (2015);



		Calderón et al. (2014); Arandia et al. (2016); Dávila (2017); López et al. (2018); Roldán et al. (2018); Soto et al. (2018); Tomas y Hurtado (2019)
Science & Education		Alpaslan et al. (2017); Hardahl et al. (2019); Ha y Kim (2020)
Investigações em Ensino de Ciências		Prados y Da Silva (2013)
Revista Electrónica de Investigación en Educación en Ciencias		Franzoni et al. (2011)
Enseñanza de la física	Revista Brasileira de Ensino de Física	Hessel et al. (2013); Fanaro et al. (2014); Michels y Zannin (2019); Mendes et al. (2011); Silva et al. (2011); Ribeiro et al. (2012); Silveira et al. (2019)
Latin American Journal of Physics Education		Gil y Di Laccio (2017); Sinning y Sánchez (2019); Boscolo y Loewenstein (2011); Habte (2020)
Revista Enseñanza de la Física		Dima et al. (2015); Alemán (2015); Mesa (2019); Braga y de Franca (2015); Cortela y Sanson (2019)

Fuente: Adaptado de Del Río (2022)

A continuación, se discuten los principales hallazgos para cada una de los núcleos temáticos.

4.1. Producción académica relacionada con el trabajo experimental en la enseñanza de la física en secundaria

Inicialmente se realiza una caracterización de la producción académica relacionada con la temática de investigación; que se presenta en las Tablas 2 y 3.

Tabla 2. Distribución de las unidades de análisis según el año de publicación

Cantidad de artículos por año	
2011	8
2012	2
2013	5
2014	3
2015	4
2016	1
2017	5
2018	3
2019	8
2020	2

Tabla 3. Distribución según el país en el que se realizó el estudio y el idioma

Cantidad de artículos por país		Cantidad de artículos por idioma	
Argentina	7	Español	26
Colombia	9		
España	9		
México	1		
Estados Unidos	2	Inglés	5
Etiopía	1		
Italia	1		
Corea del Sur	1		
Brasil	10	Portugués	10

Fuente: los autores.

De acuerdo con las Tablas 2 y 3, se da un indicio sobre la escasez de investigaciones referentes a la inclusión de la física experimental a nivel de secundaria en las fuentes de información consultadas y un predominio de las publicaciones en países Iberoamericanos.

Así mismo, se identificaron otros factores como los referentes teóricos de aprendizaje que fueron retomados en las unidades de análisis para

fundamentar el diseño de propuestas de enseñanza. En la Tabla 4 se presentan los referentes que fueron identificados.

Tabla 4. Referentes teóricos de aprendizaje identificados en las unidades de análisis

Referente	Autores	Descripción
Aprendizaje colaborativo	Torres (2011) Ezquerria et al. (2012)	Este referente tiene como propósito que los estudiantes trabajen de manera colaborativa para “mejorar la independencia cognitiva, desarrollar habilidades de organización y planeación, aumentar el interés, elevar la autoestima, mejorar la participación y la asistencia a clase” (Del Río, 2022, p.35)
Modelización experimental	García y Rentería (2011a, 2011b)	Consiste en integrar la enseñanza de los conceptos y las teorías científicas, con los procedimientos propios de la producción científica desde una perspectiva constructivista.
Aprendizaje activo	Dima et al. (2015) Gil y Di Laccio (2017)	“Se hace énfasis en el rol activo de quien aprende y su finalidad es que los estudiantes construyan su propio conocimiento” (Del Río, 2022, p.35).

Fuente: los autores.

Como se observa en la Tabla 4, el paradigma predominante en lo que se refiere a las teorías de aprendizaje adoptadas por los autores es el constructivismo; no obstante, en la mayoría de las unidades de análisis no se identificaron otros

referentes. Por otra parte, en relación con la implementación de trabajos prácticos de laboratorio, se identificó que predominan los enfoques propuestos por autores como Hodson (1994, 2003) y Gil-Pérez (1994, 2005, 2006), aunque estos solo se hacen explícitos en el 31% de las unidades de análisis. Así mismo, se encontraron diversas denominaciones para el trabajo experimental, tales como actividad experimental (7%), experiencias (3%), experimentación 3D (3%), experimento (17%), laboratorio (14%), modelización experimental (6%), trabajo experimental (19%), trabajo práctico de laboratorio (12%); en las restantes unidades de análisis (19%) no se especifican una denominación clara.

De acuerdo con lo anterior, se puede afirmar que predomina el uso de términos como experimento y trabajo experimental, lo que coincide con la nominación adoptada para la revisión de literatura que aquí se presenta; no obstante, a pesar de las diferentes nominaciones encontradas en la literatura, se observó que se prioriza “el propósito de favorecer la adquisición de habilidades prácticas del trabajo científico, y en particular, del quehacer de la física por parte de los estudiantes” (Del Río, 2022, p. 38).

Finalmente, se encontró que en la mayoría de los trabajos realizados se abordan conceptos de mecánica y termodinámica; y con menor frecuencia se abordan los conceptos sobre mecánica cuántica, ondas y óptica. A continuación, se profundizará sobre los principales hallazgos en cuanto a los principios del aprendizaje significativo crítico propuestos por Moreira y abordados en la presente revisión.

4.2. Estrategias y recursos para la implementación del trabajo experimental que favorezcan el aprendizaje de la física a nivel de secundaria.



Para el análisis de esta categoría, se consideraron los principios pedagógico-didácticos propuestos por Moreira en la TASC y clasificados por López (2014), los cuales están orientados a encontrar estrategias y recursos que proporcionen un aprendizaje más activo, y a superar las dificultades de la educación tradicional. A continuación, se describen los principales hallazgos en relación con estos principios.

Diversidad de estrategias

Una estrategia de enseñanza, de acuerdo con Anijovich y Mora (2009), se define como un conjunto de orientaciones metodológicas sobre cómo enseñar determinado contenido o área de conocimiento. De acuerdo con esta definición, para el análisis de esta subcategoría, se identificaron las unidades de análisis que describen diversas estrategias propuestas para la implementación del trabajo experimental; además, que pudieran relacionarse con el principio de la diversidad de estrategias propuesto por Moreira (2005).

A partir del análisis de cada una de las unidades revisadas, se encontró que las principales estrategias implementadas por los autores corresponden a aquellas que le son propias a la enseñanza de la física y que potencian el desarrollo de habilidades experimentales, tales como, la resolución de problemas, el uso de Tecnologías de la Información y la Comunicación (TIC), la Naturaleza de las Ciencias y la Argumentación. En la Tabla 5 se presentan los principales hallazgos en relación con cada una de ellas

Tabla 5. Principales estrategias de enseñanza para la implementación de trabajo experimental

Estrategia	Autores	Hallazgos
Resolución de problemas	García y Rentería (2011a y 2011b); Habte (2020)	Estos autores coinciden en proponer situaciones contextualizadas con el propósito de

		mejorar la capacidad de los estudiantes para resolver problemas propios del campo disciplinar.
Naturaleza de las Ciencias	Ribeiro et al. (2012)	Estos autores proponen la implementación de esta estrategia por medio de la modelización de experimentos históricos para discutir con los estudiantes sobre la dimensión histórica y empírica del conocimiento científico.
Argumentación	Domínguez (2013); Dávila (2017); Alpaslan et al. (2017)	Estos autores coinciden en la implementación de esta estrategia para entender cómo se construyen y reconstruyen los significados de conceptos físicos. Además, se proponen discusiones sobre situaciones de causa-efecto para establecer relaciones y dar explicación a fenómenos cotidianos.
Tecnologías de la Información y la Comunicación	Torres (2011); Méndez y Rodríguez (2014); Calderón et al. (2014); Sánchez (2017) López et al. (2018);	Los autores han implementado el uso de recursos que favorecen la visualización de imágenes dinámicas, la construcción de modelos computacionales, la captación de datos



Roldán et al. (2018); Tomas y Hurtado (2019); Mesa (2019); Michels y Zannin (2019); Silva et al. (2011) por medio de sensores y la interacción con fenómenos por medio de entornos virtuales para el aprendizaje de diversos conceptos de física.

Fuente: los autores.

De acuerdo con la Tabla 5, en la mayoría de las unidades de análisis revisadas se propone la implementación de TIC para apoyar el trabajo experimental en la enseñanza de la física. Los autores allí mencionados coinciden en que el uso de estas herramientas favorece diversos tipos de aprendizajes en los estudiantes, como el aprendizaje colaborativo, el aprendizaje activo, el aprendizaje autónomo y el aprendizaje significativo; lo que de acuerdo con Moreira (2005), es fundamental para que los estudiantes adquieran habilidades que les permita desenvolverse en la sociedad actual.

Diversidad de recursos y materiales

El principio de la diversidad de recursos y materiales educativos, según Moreira (2005), tiene como propósito combatir la idea de que los textos son los únicos poseedores del conocimiento; por lo tanto, en la actualidad este principio se evidencia en el sinnúmero de fuentes de información que los docentes y estudiantes tienen a su alcance (Del Río, 2022). En la Tabla 6 se presentan los diversos recursos educativos que fueron identificados en las unidades de análisis para favorecer el aprendizaje de la física a partir de la implementación del trabajo experimental.

Tabla 6. Diversidad de recursos y materiales

Tipos de recursos	Autores
Recursos Web	Torres (2011)

Software	Sánchez (2017); Ezquerro et al. (2012); Méndez y Rodríguez (2014); Gil y Di Laccio (2017); Roldán et al. (2018); Habte (2020); Fanaro et al. (2014)
Materiales Físicos	Osorio y Patiño (2011); Acevedo et al. (2013); Alemán (2015); Quintero (2018); Soto et al. (2018); Prados y Da Silva (2013); Braga y de Franca (2015); Hardahl et al. (2019)
Recursos audiovisuales	Mesa (2019); Cortela y Sanson (2019)
Montajes experimentales	Boscolo y Loewenstein (2011); Hessel et al. (2013); Ha y Kim (2020); Franzoni et al. (2011)
Recursos audiovisuales y Software	Da Silva y Orkiel (2017)
Materiales Físicos y sistema de Adquisición de datos	Silveira et al. (2019)
Materiales Físicos y Software	Calderón et al. (2014); López et al. (2018); Tomas y Hurtado (2019); Sinning y Sánchez (2019)
No lo especifican	García y Rentería (2011a; 2011b); Domínguez (2013); Cifuentes y Reyes (2013); Dima et al. (2015); Petit y Solbes (2015); Arandía et al. (2016); Dávila (2017); Alpaslan, Yalvac y Loving (2017); Ribeiro et al. (2012)

Fuente: los autores.

En la Tabla 6, se observa la variedad de recursos y materiales que los autores emplearon al momento de realizar la experimentación en física. Se pueden identificar principalmente dos grandes categorías que son los recursos físicos y las TIC. En relación con los recursos físicos (materiales físicos, montajes experimentales), fueron implementados con el propósito de mejorar la participación, la seguridad y la confianza en clase de los estudiantes. En las actividades propuestas se presentan diversos

montajes experimentales para replicar fenómenos físicos, reflexionar sobre la epistemología de los experimentos y favorecer el desarrollo de habilidades propias del trabajo experimental.

En relación con el uso de recursos TIC (recursos web, software, sistemas de adquisición de datos), se identificó que existe una gran variedad de herramientas que pueden ser implementadas como apoyo al desarrollo de trabajos experimentales, puesto que proporcionan algunas ventajas sobre el uso de recursos físicos, como la capacidad de realizar mediciones más precisas por medio de sensores, representar fenómenos físicos de manera más dinámica por medio de simulaciones computacionales, modelar dichos fenómenos para construir las simulaciones propias, analizar situaciones por medio de videos y, en general, dinamizar el aprendizaje a partir de la interacción con este tipo de tecnologías.

De acuerdo con lo anterior, a partir del análisis realizado en esta subcategoría, se puede afirmar que la diversidad de recursos y materiales empleados por los diferentes autores, se pueden usar al momento de la enseñanza de la física experimental como insumo para los docentes que deseen una transformación en la enseñanza de esta ciencia.

5. Conclusiones

En relación con el propósito del presente artículo, se concluye que la producción académica relacionada con la temática de investigación da cuenta de la necesidad de continuar favoreciendo el uso de diversas estrategias y recursos para el aprendizaje significativo crítico de la física; además, que acompañen el desarrollo de propuestas que trasciendan el desarrollo de trabajos experimentales por medio de guías tipo receta y se lleven a cabo aquellas que se fundamenten en perspectivas más constructivistas.

De acuerdo con lo anterior, se logró identificar en las unidades de análisis que las investigaciones aquí presentadas describen la implementación de recursos cercanos e innovadores para dar a conocer y explicar los fenómenos físicos; posibilitando al estudiante, manipular, observar, crear hipótesis y generar procesos creativos asociados al fenómeno estudiado.

Finalmente, se puede afirmar que las problemáticas que aún prevalecen para la implementación del trabajo experimental para el aprendizaje de la física, son principalmente que se continúan proponiendo trabajos experimentales por medio de guías tipo receta, reflejando que los profesores no se han apropiado de estrategias formativas coherentes con la perspectiva constructivista, y que aún hay muy poca utilización de recursos TIC, teniendo en cuenta que en aquellos trabajos en los que se propone el uso de estas herramientas, se obtuvieron resultados favorecedores para el aprendizaje de los estudiantes y el uso de metodologías activas acordes con una visión más constructivista.

6. Referencias

- Acevedo, L. C., Porro, S. y Adúriz, A. (2013). Concepciones epistemológicas, enseñanza y aprendizaje en la clase de ciencias. *Tecné, episteme y Didáxis: TED*, 34, 29-46.
- Alemán, M. A. (2015). Trabajo Práctico de Laboratorio de reflexión en el aula. *Revista de Enseñanza de la Física*, 27, 683-689.
- Alpaslan, M. M., Yalvac, B. y Loving, C. (2017). High School Physics Students' Personal Epistemologies and School Science Practice. *Science & Education*, 26(7), 841-865.
- Anijovich, R., y Mora, S. (2009). *Estrategias de enseñanza. Otra mirada al quehacer en el aula*. Aique Educación.
- Arandia, E., Zuza, K. y Guisasola, J. (2016). Actitudes y motivaciones de los estudiantes de ciencias en

- Bachillerato y Universidad hacia el aprendizaje de la Física. *Revista Eureka sobre enseñanza y divulgación de las ciencias*, 13(3), 558-573.
- Boscolo, I. y Loewenstein, R. (2011). The spring-mass experiment as a step from oscillationsto waves: mass and friction issues and their approaches. *Latin-American Journal of Physics Education*, 5(2), 409-417.
- Braga, J. G. y de França Ramos, E. M. (2015). Oficinas: ensinando Física com a construção de experimentos de baixo custo. *Revista de Enseñanza de la Física*, 27, 633-637.
- Cardona, M. E. (2018). *La actividad experimental apoyada en el uso de sistemas de adquisición de datos: una propuesta teórico metodológica para favorecer la conceptualización en física*. [Trabajo de investigación de maestría, Universidad de Antioquia].
- Carrascosa, J., Gil, D., Vilches, A., y Valdés, P. (2006). Papel de la actividad experimental en la educación científica. *Caderno Brasileiro de Ensino de Física*, 23(2): 157-181.
- Chávez, J. y Andrés, M. (2016). El uso de Videos para la eficiencia en el aprendizaje-en-acción de la física en el laboratorio. *Investigações em Ensino de Ciências*, 18(1), 43-54.
- Cifuentes, M. A. y Reyes, J. R. (2013). Conocimientos prácticos: estrategias exitosas para la enseñanza de la física. *Revista Científica*, 18, 24-33.
- Cortela, B. S. y Sanson, J. O. B. (2019). O ensino de termodinâmica no ensino médio: a elaboração de uma aula de experimentação e vídeos para entendimento do conceito de entropia. *Revista de Enseñanza de la Física*, 31, 231-236.
- da Silva, S. L. R. y Orkiel, E. (2017). Recursos tecnológicos e ensino de física: estudo do movimento bidimensional com o auxílio do programa Tracker. *Enseñanza de las ciencias*, (Extra), 1429-1434.
- Dávila, M. A. (2017). Las emociones y sus causas en el aprendizaje de Física y Química, en el alumnado de Educación Secundaria. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 14(3), 570-586.
- Del Río Osorio, N. A. (2022). *El trabajo experimental en la enseñanza de la física en secundaria: una revisión crítica de literatura*. [Trabajo de investigación de maestría, Universidad Nacional de Colombia]. <https://repositorio.unal.edu.co/handle/unal/81787>
- Dima, G. N., Savio, M. F. R. y Glusko, C. A. (2015). La Ley de Ohm: resultados de una propuesta experimental desde el enfoque del Aprendizaje Activo de la Física. *Revista de Enseñanza de la Física*, 27(2), 63-71.
- Domínguez, M. A. (2013). Recursos explicativos sobre la energía en clases de Física de nivel secundario: Estudio de caso. *Revista electrónica de investigación educativa*, 15(2), 115-130.
- Ezquerria, Á.M., Iturrioz, I.G. y Díaz, M.P., (2012). Análisis experimental de magnitudes físicas a través de videos y su aplicación al aula. *Revista Eureka Sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencia*, 9(2), 252-264.
- Fanaro, M. D. L. Á., Arlego, M. y Otero, M. R. (2014). The double slit experience with light from the point of view of Feynman's sum of multiple paths. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, 36(2), 2308,1-7.
- Franzoni, G., Laburú, C. E. y da Silva, O. H. M. (2011). O desenho como mediador representacional entre o experimento e esquema de circuitos elétricos. *Revista electrónica de investigación en educación en ciencias*, 6(1), 33-43.
- García, J. G. y Rentería, E.R. (2011a). La modelización de experimentos como estrategia didáctica para el desarrollo de la capacidad para resolver problemas. *Uni-pluriversidad*, 11(1), 3-15.
- García, J. G., y Rentería, E.R. (2011b). Modelización de problemas para desarrollar habilidades de experimentación. *Tecné, Episteme y Didaxis*, 29, 44-64.
- Gil-Pérez, D. G. (1994). Diez años de investigación en didáctica de las ciencias: realizaciones y

- perspectivas. *Enseñanza de las ciencias*, 12(2), 154-164.
- Gil-Pérez, D. y Vilches, A. (2005). Inmersión en la cultura científica para la toma de decisiones ¿necesidad o mito? *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 2(3), 302-329.
- Ha, S. y Kim, M. (2020). Challenges of designing and carrying out laboratory experiments about Newton's second law. *Science & Education*, 29(5), 1389-1416.
- Habte, M. (2020). Effectiveness of Visualization on Problem Solving and Experimental Tasks in Learning Heat and Temperature for Grade Nine. *Latin-American Journal of Physics Education*, 14(1), 2.
- Hardahl, L. K., Wickman, P. O. y Caiman, C. (2019). The body and the production of phenomena in the science laboratory. *Science & Education*, 28(8), 865-895.
- Hessel, R., Canola, S. R. y Vollet, D. R. (2013). An experimental verification of Newton's second law. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, 35, 1-5.
- Hodson, D. (1994). Hacia un enfoque más crítico del trabajo de laboratorio. *Enseñanza de las ciencias*, 12(3), 299-313.
- Hodson, D. (2003). Time for action: Science education for an alternative future. *International journal of science education*, 25(6), 645-670.
- Hoyos, C. (2000). *Un modelo para investigación documental: guía teórico-práctica sobre construcción de Estados del Arte con importantes reflexiones sobre la investigación*. Señal Editora.
- Jaime, E. A. y Escudero, C. (2011). El trabajo experimental como posible generador de conocimiento en enseñanza de la física. *Enseñanza de las Ciencias*, 29(3), 371-380.
- Jiménez-Tenorio, N. y Oliva, J. M. (2016). Aproximación al estudio de las estrategias didácticas en ciencias experimentales en formación inicial del profesorado de Educación Secundaria: descripción de una experiencia. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 13(1), 121-136.
- López, S. Y. (2014). El aprendizaje significativo crítico. *Cuadernos Pedagógicos*, 448, 58-59.
- López, V., Grimalt, C. y Couso, D. (2018). ¿Cómo ayuda la Pizarra Digital Interactiva (PDI) a la hora de promover prácticas de indagación y modelización en el aula de ciencias? *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 15(3), 330201-330215.
- Mendes, L., Machado, W.S. y Cardoso, P. M. D. (2011). A carga específica do elétron: um enfoque histórico e experimental. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, 33(1), 1-7.
- Méndez, G. y Rodríguez, S. (2014). Physics Tracker: Una implementación didáctica para la presentación del tema tiro parabólico en bachillerato. *Tecné, Episteme y Didaxis: TED*, número extraordinario, 734-739.
- Mesa, M. (2019). Una propuesta metodológica para orientar el laboratorio de física haciendo uso de tecnologías emergentes y el enfoque STEM. *Revista de Enseñanza de la Física*, 31(extra), 525-530.
- Moreira, M. A. (2005). Aprendizaje significativo crítico. *Indivisa: Boletín de estudios e investigación*, (6), 83-102
- Osorio, J. y Patiño, S. (2011). Conceptos de termodinámica entendidos desde la experimentación (calor, temperatura, energía). *Revista Científica*, 1(13), 320-325.
- Pabón, J. D., Cardona, M., López, S., Arias, V. y Jiménez, J. (2021). Recursos educativos digitales en los trabajos prácticos de laboratorio en física. *Tecné, Episteme y Didaxis: TED*, 424-431.
- Petit, M.P. y Solbes, J. M. (2015). El cine de ciencia ficción en las clases de ciencias de enseñanza secundaria (I). Propuesta didáctica. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 311-327.
- Prados, J. L. y da Silva, M. D. F. (2013). Uma investigação da influência da reconceitualização das atividades experimentais demonstrativas no ensino da óptica no ensino médio. *Investigações em Ensino de Ciências*, 18(2), 239-262.



UNIVERSIDAD DISTRITAL
FRANCISCO JOSÉ DE CALDAS

Góndola, Enseñanza y Aprendizaje de las Ciencias

Número especial, v18, 2023.

11 Congreso Nacional de Enseñanza de la Física y la Astronomía



Resultado de Investigación

- Quintero, O. Y. (2018). 2B037 Enseñanza de la física en un contexto vulnerable: visita a un parque de atracciones como una forma de observar, experimentar y analizar el tema de la conservación de la energía. *Tecné, Episteme y Didaxis: TED*, número extraordinario, 1-7.
- Ribeiro, L. A. J., Cunha, M. F. y Laranjeiras, C. C. (2012). Simulação de experimentos históricos no ensino de física: uma abordagem computacional das dimensões histórica e empírica da ciência na sala de aula. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, 34(4), 4602.
- Roldán, C., Perales, F. J., Ruiz, B., Moral, C. y de la Torre, A. (2018). Enseñando a programar por ordenador en la resolución de problemas de Física de Bachillerato. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 15(1), 1301, 1-17.
- Romero, Á., Aguilar, Y. y Mejía, L. S. (2016). Naturaleza de las ciencias y formación de profesores de física. El caso de la experimentación. CPU-e. *Revista de Investigación Educativa*, (23), 75-98.
- Sánchez, A. (5-8 de septiembre de 2017). *Experimentos de física con Modellus* [Ponencia]. X Congreso Internacional sobre Investigación en Didáctica de las Ciencias, Sevilla, España.
- Silva, J. R., Germano, J. S. y Mariano, R. S. (2011). SimQuest-ferramenta de modelagem computacional para o ensino de física. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, 33, 01-088.
- Silveira, M. V., Barthem, R. B y Santos, A. C., (2019). Propuesta didáctica experimental para la enseñanza inclusiva de ondas en el bachillerato. *Revista Brasileña de Educación Física*, 4.
- Sinning, G. G. y Sánchez, D. G. (2019). Desarrollo de habilidades experimentales en estudiantes de educación media vocacional mediante el uso de prototipos para el aprendizaje del concepto de la constante de gravedad. *Latin-American Journal of Physics Education*, 13(1), 1302, 1-6.
- Soto, M., Couso, D. y López, V. (2018). Una propuesta de enseñanza-aprendizaje centrada en el análisis del camino de la energía “paso a paso”. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 16(1), 2-10.
- Torres, V. Z. (2011). Aplicación de weblogs para incrementar el aprendizaje sobre termodinámica a nivel preuniversitario. *Revista Eureka sobre enseñanza y divulgación de las ciencias*, 8(1), 71-83.

**CONSIDERACIONES METODOLÓGICAS DE LAS CATEGORÍAS DE ANÁLISIS SOBRE LA ACTIVIDAD
EXPERIMENTAL EN EL CAMBIO DIDÁCTICO DE PROFESORES DE CIENCIAS DESDE UNA
PERSPECTIVA FENOMENOLÓGICA**

**METHODOLOGICAL CONSIDERATIONS OF THE ANALYSIS CATEGORIES ON THE EXPERIMENTAL
ACTIVITY IN THE TEACHING CHANGE OF SCIENCE TEACHERS FROM A PHENOMENOLOGICAL
PERSPECTIVE**

**CONSIDERAÇÕES METODOLÓGICAS DAS CATEGORIAS DE ANÁLISE DA ATIVIDADE
EXPERIMENTAL NA MUDANÇA DOCENTE DE PROFESSORES DE CIÊNCIAS A PARTIR DE UMA
PERSPECTIVA FENOMENOLOGICA**

Yuly Hadbleydy Rivera Vargas¹  , Carlos Javier Mosquera Suarez² 

Rivera, Y, Mosquera, C. (2023) Consideraciones metodológicas de las categorías de análisis sobre la actividad experimental en el cambio didáctico de profesores de ciencias desde una perspectiva fenomenológica. *Góndola, Enseñanza y Aprendizaje de las Ciencias*, Número especial, v18, pp.1-13

Resumen

En este trabajo se presentan algunas consideraciones metodológicas del proyecto de tesis doctoral en curso titulado La actividad experimental en el cambio didáctico de profesores de ciencias desde una perspectiva fenomenológica. Orientado por la pregunta ¿cómo la inclusión de la actividad experimental desde la perspectiva fenomenológica genera cambio didáctico en profesores de ciencias en ejercicio?, para tal fin se propone como objetivo Caracterizar cambios en conocimientos prácticos que sobre la actividad experimental evidencian profesores de ciencias a partir de reflexiones sobre una mirada fenomenológica de la ciencia y la ciencia escolar. Esta tarea se propone desde un marco de investigación cualitativa con un enfoque de estudio de caso mixto, donde, a partir de la fundamentación teórica y del análisis para identificar posibles categorías emergentes con profesores de ciencias en ejercicio, se prevén en el estudio tres categorías. 1) El conocimiento profesional del profesor, se puede evidenciar desde dos componentes: conocimientos teóricos donde se abarca las concepciones y actitudes sobre la ciencia, sobre la enseñanza y aprendizaje de las ciencias y conocimientos prácticos que se explicitan en el aula de clase, donde se involucran las prácticas, esquemas de acción para intervenir en el aula. 2)

¹ PhD. (c) En educación. Universidad Distrital Francisco José de caldas. Colombia. yhriverav@udistrital.edu.co. ORCID <https://orcid.org/0000-0001-7637-8075>

² PhD. En Didáctica de las ciencias experimentales. Universidad Distrital Francisco José de caldas. Colombia. cmosquera@udistrital.edu.co. ORCID <https://orcid.org/0000-0001-8640-0803>

Concepciones y actitudes sobre la didáctica de las ciencias, se encuentran las concepciones y actitudes que tiene el profesor referente a su ejercicio profesional, donde se conjugan aspectos sobre el aprendizaje respondiendo a cómo cree que aprenden los estudiantes y la relación que se presenta con las actividades experimentales para lograr dicho aprendizaje. 3) Práctica profesional del profesor, hace referencia a los aspectos que en la práctica son evidentes, dan respuesta al ejercicio explícito de la enseñanza, desde la planeación, el trabajo en el aula, la evaluación, responde al qué hace y cómo ejerce su actividad cotidiana, con un enfoque especial en la forma en que se realizan las actividades experimentales.

Palabras clave: conocimiento profesional del profesor, Concepciones y actitudes sobre el conocimiento científico, Concepciones y actitudes sobre la didáctica de las ciencias, Práctica profesional del profesor.

Abstract

This paper presents some methodological considerations of the doctoral thesis project in progress entitled Experimental activity in the didactic change of science teachers from a phenomenological perspective. Guided by the question, how does the inclusion of experimental activity from the phenomenological perspective generate didactic change in practicing science teachers? for this purpose, the objective is to characterize changes in practical knowledge that science teachers' evidence about experimental activity from reflections on a phenomenological view of science and school science. This task is proposed from a qualitative research framework with a mixed case study approach, where, based on the theoretical foundation and the analysis to identify possible emerging categories with practicing science teachers, three categories are foreseen in the study. 1) The professional knowledge of the teacher can be evidenced from two components: theoretical knowledge, which encompasses the conceptions and attitudes about science, about the teaching and learning of science, and practical knowledge that is made explicit in the classroom, where they involve practices, action schemes to intervene in the classroom. 2) Conceptions and attitudes about the didactics of science, are the conceptions and attitudes that the teacher has regarding his professional practice, where aspects of learning are combined, responding to how he believes that students learn and the relationship that is presented with experimental activities to achieve such learning. 3) Professional practice of the teacher, refers to the aspects that are evident in practice, respond to the explicit exercise of teaching, from planning, work in the classroom, evaluation, responds to what he does and how he exercises his activity. every day, with a special focus on the way in which the experimental activities are carried out.

Keywords: Professional knowledge of the teacher, Conceptions and attitudes about scientific knowledge, Conceptions and attitudes about science teaching, Professional practice of the teacher.

Resumo

Este artigo apresenta algumas considerações metodológicas do projeto de tese de doutorado em andamento intitulado Atividade experimental na mudança didática de professores de ciências a partir de uma perspectiva fenomenológica. Guiado pela



UNIVERSIDAD DISTRITAL
FRANCISCO JOSÉ DE CALDAS

Góndola, Enseñanza y Aprendizaje de las Ciencias

Número especial, v18, 2023.
11 Congreso Nacional de Enseñanza de la Física y la Astronomía



Resultado de Investigación

pergunta, como a inclusão da atividade experimental na perspectiva fenomenológica gera mudança didática na prática de professores de ciências? visão fenomenológica da ciência e da ciência escolar. Esta tarefa é proposta a partir de um referencial de pesquisa qualitativa com abordagem de estudo de caso misto, onde, com base na fundamentação teórica e na análise para identificar possíveis categorias emergentes com professores de ciências atuantes, estão previstas três categorias no estudo. 1) O conhecimento profissional do professor pode ser evidenciado a partir de dois componentes: o conhecimento teórico, que engloba as concepções e atitudes sobre a ciência, sobre o ensino e a aprendizagem da ciência, e o conhecimento prático que é explicitado em sala de aula, onde envolvem práticas, esquemas de ação para intervir na sala de aula. 2) Concepções e atitudes sobre a didática da ciência, são as concepções e atitudes que o professor tem em relação à sua prática profissional, onde se combinam aspectos da aprendizagem, respondendo à forma como ele acredita que os alunos aprendem e a relação que se apresenta com as atividades experimentais para alcançar tal aprendizado. 3) A prática profissional do professor, refere-se aos aspectos que se evidenciam na prática, respondem ao exercício explícito da docência, desde o planejamento, trabalho em sala de aula, avaliação, responde ao que faz e como exerce sua atividade. com um foco especial na forma como as atividades experimentais são realizadas.

Palavras chave: Conhecimento profissional do professor, Concepções e atitudes sobre o conhecimento científico, Concepções e atitudes sobre o ensino de ciências, Prática profissional do professor.

1. Introducción

Este trabajo se inscribe como una reflexión en la didáctica de las ciencias, esta considerada como un camino para la profesionalización docente, porque se encarga de la enseñanza de una disciplina no solamente desde los contenidos conceptuales. Se asume una didáctica de las ciencias como didáctica específica, entendida esta como una disciplina autónoma, que se enriquece de las múltiples relaciones con otras disciplinas como las ciencias cognitivas, la sociología, la antropología, la historia y filosofía de las ciencias (Adúriz-Bravo & Izquierdo, 2002)

Adicionalmente, ahonda en aspectos sobre la naturaleza de las ciencias entendida esta como una reflexión metateórica sobre el conocimiento y la actividad científica, un estudio multidisciplinar que se ha fundamentado principalmente por la filosofía, historia y sociología de las ciencias (Acevedo et al., 2005; Adúriz-Bravo et al., 2006) Que con “las nuevas ramas de ciencia, tecnología y sociedad (CTS) ponen su interés no solamente en lo epistémico sino en los métodos de validación, valores en la actividad científica, relación con la tecnología, comunidades, relaciones con la cultura y la sociedad”.(Amador et al., 2018, p. 2)

Algunas investigaciones evidencian que, “en todos los niveles indagados, las personas muestran concepciones «deformadas» del quehacer científico (Abell y Smith, 1994; Fernández et al., 2002)”(Faria et al., 2021,p. 240) pues los currículos de ciencias se han centrado sobre todo en los contenidos conceptuales que se rigen por la lógica interna de la ciencia y han olvidado la formación sobre la ciencia misma, presentada en su <<formar final >>(Acevedo et al., 2005; Faria et al., 2021)

Las concepciones de los profesores que se vislumbran en sus planeaciones y en la

práctica en el aula perpetúan una visión empiro-inductivista donde se alude a un único método científico, las prácticas experimentales tienen un carácter verificador, limitando la enseñanza a conocimientos conceptuales y en el caso de la física representaciones algebraicas o numéricas (Faria et al., 2021; Solbes et al., 2013). Siendo así los profesores de ciencias responsables en parte de las concepciones que construyen los estudiantes sobre las ciencias mismas.

La enseñanza de la ciencia juega un papel fundamental en el enriquecimiento de la experiencia de los sujetos, donde se construyan esas visiones de ciencia que le permitan actuar en el mundo. Debe proporcionar medios para estructurar las experiencias, que le posibiliten el desarrollo de habilidades, destrezas, competencias para la vida y no solo para el salón de clase. Esa enseñanza debe ser contextual, posibilitando el desarrollo y la mantención de la curiosidad, gozo por la actividad científica escolar, comprensión sobre cómo pueden explicarse los fenómenos naturales, estimular el conocimiento, la búsqueda y construcción de significados. (Bell et al., 2010; Fenstermacher, 1989)

Para lograr esto, se requiere “un profesor o profesora altamente reflexivo, capaz de reconocer cómo aprenden los alumnos y conocedor de las teorías actuales sobre aprendizaje”(Ravanal et al., 2012, p. 876) es necesario que “las actitudes y prácticas de los docentes se fundamenten más profundamente en la teoría e investigación educativa; que se amplíe la autonomía profesional de los maestros; y se generalicen sus responsabilidades profesionales” (Martínez, 2009, p. 68). Aunque existen muchas investigaciones sobre las ideas de los profesores sobre los contenidos científicos escolares según Carrascosa et al., (2008) “se ha dedicado muy poco esfuerzo a discutir qué

contenidos hay que tratar en la formación del profesorado de ciencias, qué estrategias conviene usar en ese proceso y cómo evaluar en ese contexto” (p.118) donde no sólo se quede en los imaginarios sino sea una transformación que permee de manera real la práctica en el aula, y posibilite las modificaciones de las actividades escolares por parte de los estudiantes. Es así como se propone una perspectiva fenomenológica para comprender las actividades experimentales. Con esta perspectiva se espera un ejercicio de intervención, reflexión y concreción con profesores de física en ejercicio para realizar cambios didácticos.

2. Marco de Referencia

Este trabajo apuesta por la transformación de la práctica profesional del profesor donde se incluya la actividad experimental de manera contextualizada a propósito de una reflexión desde la perspectiva fenomenológica, para esto se proponen como objetivo investigativo Caracterizar cambios en conocimientos prácticos que sobre la actividad experimental evidencian profesores de ciencias a partir de reflexiones sobre una mirada fenomenológica de la ciencia y la ciencia escolar.

Para cumplir con este propósito, a partir de la fundamentación teórica y del análisis para identificar posibles categorías emergentes con profesores de ciencias en ejercicio, se prevén para el estudio las siguientes categorías de análisis, Concepciones y actitudes sobre el conocimiento científico, Concepciones y actitudes sobre la enseñanza y aprendizaje de las ciencias y práctica profesional del profesor.

El conocimiento profesional del profesor se puede evidenciar desde dos componentes: conocimientos teóricos donde

se abarca las concepciones y actitudes sobre la ciencia, sobre la enseñanza y aprendizaje de las ciencias y conocimientos prácticos que se explicitan en el aula de clase, donde se involucran las prácticas, esquemas de acción para intervenir en el aula. Para este trabajo es de interés comprender los conocimientos y actitudes del profesor frente a las actividades experimentales y cómo estos influyen en su práctica diaria en la realización o no de las actividades experimentales en su ejercicio profesional.

Aunque las investigaciones de Melo, (2017) muestran el desfase que existen entre los conocimientos teóricos y prácticos de los profesores, las categorías que se presentan a continuación se relacionan sobre lo que se espera que conozca un profesor y lo que realice en el aula, en términos de una coherencia entre ambos tipos de conocimiento. Sin embargo, los resultados pueden coincidir con los hallazgos encontrados por dicho grupo de investigación.

Aunque son numerosos los estudios sobre estas concepciones y actitudes, muchos de ellos tienen en común algunas unidades de análisis, este trabajo realiza una reflexión sobre las implicaciones que tienen este tipo de caracterizaciones sobre el trabajo experimental en el conocimiento científico y en el aula de clase.

Estas categorías se construyen siguiendo los trabajos sobre cambio didáctico de los autores ,Cuesta (2020) Mosquera & Furió-Mas, (2008), Zapata (2017). Frente al aprendizaje se hace uso de los aportes de Cárdenas (2021), Pozo & Gómez, (1998) sobre enseñanza y autopercepción práctica profesional se tienen en cuenta las caracterizaciones hechas por Adúriz-Bravo & Izquierdo (2002) basados en las etapas de la consolidación de la didáctica de las ciencias.

[5]

Adicionalmente para el trabajo experimental se complementa con los aportes de García (2011) con algunas miradas alternativas mostradas en los antecedentes de investigación y con la perspectiva fenomenológica adoptada en este trabajo. Asumiendo esta perspectiva en dos niveles para la enseñanza de las ciencias, el primero la construcción del fenómeno escolar por parte del profesor de ciencias y el segundo la construcción de fenómenos naturales por parte de los estudiantes en el aula (Figura 1)



Figura 1. Categorías de análisis
Fuente: Elaboración propia

2.1. Categoría Concepciones y actitudes sobre el conocimiento científico.

Esta categoría se relaciona con las posturas epistemológicas, ontológicas y éticas que tiene el profesor frente a la ciencia y sus formas de construcción. También, sobre las consideraciones frente a naturaleza de las ciencias, sobre el conocimiento de la cultura científica, de allí surgen las consecuencias en las actividades experimentales que se asume cómo al interpretar la ciencia desde alguna de estas unidades de análisis el profesor toma la actividad experimental en la construcción del conocimiento científico.



Figura 2. Subcategorías Concepciones y actitudes sobre el conocimiento científico
Fuente: Elaboración propia

Tabla 1. Categoría Concepciones y actitudes sobre el conocimiento científico.

Subcategoría	Caracterización
Conocimiento científico	Empírico-inductivista y ateo: Conclusiones generales desde observaciones directas, desechando ideas y prejuicios preconcebidos
	Rígida y algorítmica: Se rige por un único método, método científico, donde se prioriza la secuencialidad de algunos pasos para eliminar ambigüedades que pueden aparecer durante el proceso
	Acumulativa y lineal: La ciencia es el fruto de la acumulación del conocimiento
	contemporáneas: provisionalidad y programas de investigación: La ciencia es una forma de interpretar la naturaleza, donde se presentan múltiples métodos y formas de construcción de conocimiento
	Individualista y elitista: Se considera la ciencia el resultado de mentes brillantes, en espacio geográficamente privilegiados
	Acumulativa, lineal: La ciencia es la acumulación histórica de conceptos sobre la naturaleza
	Descontextualizada, socialmente neutra: El conocimiento científico no se relaciona con el contexto ni con otras ramas del conocimiento, es neutral
Conocimiento sobre Historia y filosofía de las ciencias	Contextual y comunitaria: valores y actitudes cambiantes Se reconoce, el papel del contexto y de los momentos históricos en la construcción del conocimiento científico
	Interpretativa-reconstrucción: Se reconoce el papel del contexto, adicionalmente se involucra la mirada histórica y crítica del presente para analizar el pasado

2.2. Categoría Concepciones y actitudes sobre la didáctica de las ciencias.

En esta categoría se encuentran las concepciones y actitudes que tiene el profesor referente a su ejercicio profesional, donde se conjugan aspectos sobre el aprendizaje respondiendo a cómo cree que aprenden los estudiantes y la relación que se presenta con las actividades experimentales para lograr dicho aprendizaje. Como subcategoría se encuentra Enseñanza, donde se analizan algunos elementos relevantes sobre su ejercicio. Finalmente, sobre su autopercepción como profesional de la educación en una disciplina específica, donde no solo el interés es sobre su imagen en el aula sino su posicionamiento con las actividades experimentales para el aula.

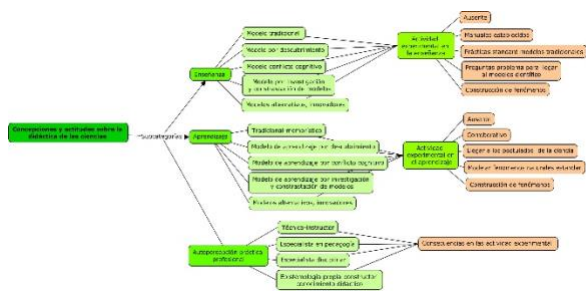


Figura 3. Subcategorías Concepciones y actitudes sobre la didáctica de las ciencias
Fuente: Elaboración propia

Tabla 2. Categoría Concepciones y actitudes sobre la didáctica de las ciencias

Subcategoría	Caracterización
Enseñanza	Memorístico: la enseñanza se guía por los contenidos disciplinares, no son relevantes los conocimientos del profesor, existe un plan de estudios establecido
	Modelo por descubrimiento: El profesor debe proveer escenarios similares al de los científicos para generar rutas de descubrimientos científicos

Aprendizaje	Modelo conflicto cognitivo: Se nutre de diferentes fuentes para lograr el cambio conceptual de los estudiantes
	Modelo por investigación y contrastación de modelos: La enseñanza debe procurar mostrar valores, métodos y sistemas conceptuales producidos por la ciencia
	Modelos alternativos, innovadores: la enseñanza es un conjunto de prácticas guiadas por la didáctica de las ciencias. Tienen como fin el desarrollo de habilidades y destrezas científicas
	Tradicional-memorístico: aprendizaje basado en transmisión y recepción de conocimientos científicos. Generalmente no se tiene en cuenta los conocimientos de los estudiantes, No se reconoce la diferenciación entre el conocimiento científico y el conocimiento científico escolar
Aprendizaje	Modelo de aprendizaje por descubrimiento: los estudiantes tienen las mismas posibilidades de aprendizaje que los científicos asumiendo la ciencia como un descubrimiento a través de algún método, se les debe proveer los escenarios similares. El conocimiento escolar se debe guiar y estandarizar por los mismos constructos de la lógica de las ciencias
	Modelo de aprendizaje por conflicto cognitivo: el estudiante posee conocimientos. Sin embargo, estos son incompatibles con los conocimientos científicos
	Modelo de aprendizaje por investigación y contrastación de modelos: El estudiante debe reconstruir e integrar valores, métodos y

	<p>sistemas conceptuales producidos por la ciencia</p> <p>Modelos alternativos, innovadores: se admite un estatus al conocimiento escolar, habilidades y destrezas que poseen los estudiantes. El centro está en el desarrollo de habilidades científicas mientras se construyen o examinan problemas sobre el comportamiento de la naturaleza.</p>
Autopercepción práctica profesional	<p>Técnico-instructor: el profesor no posee conocimientos diferentes a los de su disciplina, en algunas ocasiones tampoco se reconoce como experto en el conocimiento disciplinar</p>
	<p>Especialista disciplinar: el conocimiento más importante del profesor es su conocimiento disciplinar, los otros conocimientos son secundarios o irrelevantes para su ejercicio. Se rige por modelos específicos de las ciencias naturales, alusivo a un método científico</p>
	<p>Especialista en pedagogía o educación: se basa en los supuestos dados por las diferentes teorías psicológicas</p>
	<p>Epistemología propia-constructor conocimiento didáctico: se reconoce como un sujeto autónomo, con una profesión que es atravesada por múltiples disciplinas, Hace alusión a una disciplina autónoma, con sus propias formas de proceder, actuar y validar el conocimiento específico que se produce frente a la enseñanza de las ciencias naturales, incluso de cada una de las disciplinas específicas como la física, química, biología, etc.</p>

2.3. Categoría Práctica profesional del profesor

Esta hace referencia hace referencia a los aspectos que en la práctica son evidentes, dan respuesta al ejercicio explícito de la enseñanza, desde la planeación, el trabajo en el aula, la evaluación, responde al qué hace y cómo ejerce su actividad cotidiana, con un enfoque especial en la forma en que se realizan las actividades experimentales. Se presentan algunos ítems que pueden ser observables a simple vista durante una jornada laboral.

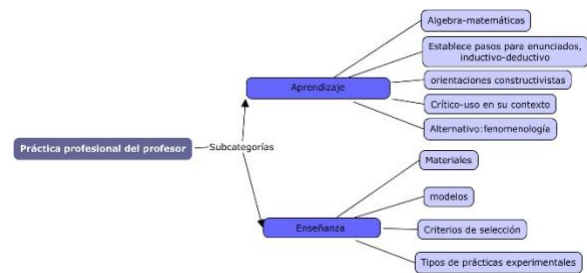


Figura 4. Subcategorías Práctica profesional del profesor

Fuente: Elaboración propia

Tabla 3. Categoría Práctica profesional del profesor

Subcategoría	Enfoque
Aprendizaje	Algebraico Inductivo-deductivo orientaciones constructivistas Crítico-uso en su contexto Alternativo: fenomenología Materiales
	Modelos
Enseñanza	Criterios de selección contenidos escolares

	Enfoque memorístico-tradicional
	Método establecido, secuencialidad en clases
	Alternativo-innovador

3. Metodología de investigación

En este trabajo se pretende hacer una implementación con profesores de física en ejercicio. A partir de la etapa diagnóstica se conocen las concepciones, actitudes y formas de actuar en el aula por parte del profesor en las clases de física. Se opta por un acompañamiento centrado en su experiencia, se trabaja desde la metodología de estudio de caso debido a que se considera que las concepciones, actitudes y posibles cambios que se generen en cada uno de los profesores depende de su historicidad, su formación profesional, de su experiencia y del estudio profundo sobre el contexto donde se desarrolla, esta etapa tiene como énfasis la reflexión de su que-hacer, por ello se opta por la metodología investigación acción participativa en la fase de implementación. Como lo menciona Arroyo & Sádaga (2012) esta metodología no ofrece un listado de soluciones, sino propicia situaciones de interacción activa, diálogo y negociación entre las personas implicadas, que tras procesos reflexivos dan soluciones a sus problemas. Se caracteriza por 1) partir de las necesidades sentidas de la población; 2) se genera en espacios de aplicación comunitaria, redes y tejidos sociales vivos; 3) se parte de un diseño y proceso abierto y la posibilidad de modificación y rearticulación de procesos

y sujetos; y 4) retroalimentación del proceso permanente de intervención y desarrollo comunitario. Esta opción es viable y coherente con la investigación propuesta, pues surge de los intereses particulares de las acciones de enseñanza por parte del profesor y su interacción en el aula de clase. Durante este proceso se plantea una reflexión y evaluación continua, para solucionar problemas encontrados en la práctica sobre el contexto donde se desarrolla, según Rodríguez et al., (1996):

“No se puede realizar de forma aislada; es necesaria la implicación grupal [...]. Para los profesores, busca que profundice en la comprensión (diagnóstico) de su problema. Por tanto, adopta una postura exploratoria frente a cualesquiera definiciones iniciales de su propia situación que el profesor pueda mantener” (p.54)

Esta investigación consta de 4 fases, en este documento se presentan los resultados de la fase dos y tres. Para llegar a ellos fue necesario reconocer, reflexionar y escribir las bases sobre las concepciones de la actividad experimental desde la perspectiva fenomenológica. Luego, se pretende realizar el análisis de la eficacia de los instrumentos y forma en la que se aborda el trabajo con los profesores en ejercicio.



Figura 5. Fases metodológicas
Fuente: Elaboración propia

4. Resultados

A partir de la búsqueda documental, la organización de las categorías y subcategorías, se establecen unos descriptores y caracterización para dar cuenta de cada una de ellas, se organizan como se ve en el ejemplo de la tabla 4.

Tabla 4. Ejemplo organización descriptores

Subcategoría	Caracterización	características	Consecuencias para la Actividad experimental
Conocimiento científico	Visión 3: Rígida y algorítmica: Se rige por un único método, método científico, donde se prioriza la secuencialidad de algunos pasos para eliminar ambigüedades que pueden aparecer durante el proceso	Se sigue un método científico	Se utilizan instrumentos especializados para develar y/o contrastar la realidad de la naturaleza con los supuestos teóricos

4.1. Diseño de instrumentos de recolección de información

A través de los instrumentos se busca detectar concepciones y actitudes sobre el conocimiento científico, en particular, sobre la incidencia de las actividades experimentales en la cultura científica, además de las repercusiones en la enseñanza y aprendizaje. Recordando que las concepciones de los docentes permean las formas de interpretar y llevar a cabo su práctica de aula. “Son producto de un proceso constructivo en el transcurso de su vida personal en donde dichas creencias, posteriormente actitudes, generan huellas en el aprendizaje de los alumnos y se caracterizan por estar influidas, a su vez, con

la experiencia debida al ejercicio mismo” (Mosquera et al., 2021)

Para conocer las concepciones y actitudes de los profesores se establecen algunos instrumentos centrados específicamente sobre la actividad experimental en conocimiento científico y en la enseñanza y aprendizaje de las ciencias, para ello se establecen dos cuestionarios. Cuestionario I: Visiones sobre las ciencias y la actividad científica; cuestionario II: Visiones sobre la enseñanza y aprendizaje. Se toman como referencia los instrumentos de caracterización de la epistemología personal docente Cuesta (2020), ideas acerca de la imagen de ciencia y educación científica de profesores en servicio de Quintanilla et al., (2005), análisis de trabajo de laboratorio de Andrés Z. et al., (2006) y caracterización de prácticas experimentales en la escuela a partir del discurso de docentes de primaria y secundaria de (Mordeglia & Mengascini, 2014)

El cuestionario 1 tipo escala de Likert pretende analizar algunos interrogantes sobre las concepciones y actitudes que tienen los profesores sobre la cultura científica con relación a la actividad experimental: ¿cuál es el estatus que da el profesor a la actividad experimental en la cultura científica? ¿con qué finalidad cree que se realiza un experimento en las ciencias? ¿cómo se relaciona la actividad experimental con la teoría? ¿cómo son valorados, aceptados y admitidos los resultados experimentales en la consolidación de una teoría?, igualmente se busca interpretar qué piensa el profesor sobre la naturaleza de la ciencia en la comprensión del conocimiento científico.

El cuestionario 2 consta de dos partes, la primera tipo escala de Likert y la segunda pregunta abiertas de respuesta corta, donde se busca reconocer las concepciones y actitudes sobre la enseñanza y aprendizaje de las ciencias, con ello identificar el tipo de

práctica que asume de manera teórica el profesor respecto a la actividad experimental, los fines, usos, tipos de materiales, modelos que lleva a las clases cuando realiza este tipo de actividades.

El cuestionario 3 tipo escala de Likert, busca reconocer la autopercepción y la identificación que hace el profesor sobre su práctica profesional y sobre su conocimiento específico en didáctica de las ciencias. Con un énfasis marcado en la responsabilidad del profesor al plantear actividades experimentales para sus clases, los recursos, fuentes y materiales que se seleccionan para llevarlas a cabo.

4.2 Validación inicial de instrumentos

Para generar certeza sobre la relación que existe entre los descriptores y las preguntas elaboradas se hace una prueba piloto con dos poblaciones diferentes donde se busca analizar la coherencia entre los enunciados en los instrumentos y las categorías. La población uno corresponde a estudiantes de últimos semestres que están en prácticas pedagógicas de los programas de Licenciatura en Biología, Licenciatura en física y Licenciatura en Química de La universidad Distrital Francisco José de Caldas y de la Universidad Santo Tomás, se comparten los cuestionarios I, II y III de manera digital por medio de formularios de Google. La población dos hace referencia a un grupo de maestros de ciencias en ejercicio en dos colegios públicos de Bogotá, Colegio Integrada La Candelaria y Colegio Nuevo San Andrés de los Altos, se comparten los cuestionarios I, II y III de manera física con un espacio formal dentro de la jornada para su diligenciamiento y la matriz de observación se ejecuta con un profesor de cada institución en las clases de física. A partir del análisis se propone la modificación de los instrumentos

se envían a dos doctores especialistas en didáctica de las ciencias y formación de profesores. Los instrumentos finales se utilizan en la etapa diagnóstica de la fase de acompañamiento y en la fase final del proceso.

5. Conclusiones y/o consideraciones finales

Las categorías y los instrumentos de análisis se constituyen una parte vital del proceso investigativo, porque a través de ellos es posible caracterizar las concepciones, actitudes y creencias de los profesores en ejercicio. En este trabajo se incluyen subcategorías y descriptores relacionados específicamente con la actividad experimental donde es posible reconocer la importancia que tiene para los profesores.

A partir de los descriptores se pueden proponer instrumentos que tengan énfasis en dicha actividad, no como un elemento aislado o una parte de la clase, sino en relación con los conocimientos profesionales de los profesores. A su vez, la incidencia o no de estos en la práctica, la sincronicidad o desfase entre los elementos teóricos y las prácticas docentes. Las categorías propuestas y su posterior análisis indican la ruta de trabajo en la fase de acompañamiento.

6. Referencias

- Acevedo, J., Vázquez, Á., Martín, M., Oliva, J., Acevedo, P., Paixao, M., & Manassero, M. (2005). Naturaleza de la ciencia y educación científica para la participación ciudadana. Una revisión crítica. *Revista Eureka Sobre Enseñanza y Divulgación de Las Ciencias*, 2(2), 121–140.
- Adúriz-Bravo, A., & Izquierdo, M. (2002). Acerca de la didáctica de las ciencias como disciplina autónoma. *Revista Electrónica de Enseñanza de Las*

- Ciencias*, 1(3), 130–140.
- Adúriz-Bravo, A., Salazar, I., Mena, N., & Badillo, E. (2006). La epistemología en la formación del profesorado de ciencias naturales: aportaciones del positivismo lógico. *Revista Electrónica de Investigación En Educación En Ciencias*, 1(1), 6–23.
- Amador, R., Ospina, N., Arteta, J., & Adúriz-bravo, A. (2018). Representaciones de naturaleza de la ciencia en profesores / maestrantes de educación con énfasis en enseñanza de las ciencias naturales. *Tecné Episteme Y Didaxis TED*, Extraordin, 1–9.
- Andrés Z., M. M., Pesa, M. A., & Meneses, J. (2006). La actividad experimental en física: visión de estudiantes universitarios. *Paradigma*, 27(1), 349–363.
http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1011-22512006000100003&lng=es&nrm=iso&tlng=es
- Arroyo, M., & Sádaga, I. (2012). *Metodología de la investigación social técnicas innovadoras y sus aplicaciones*. Editorail Síntesis.
- Bell, D., Devés, R., Dyasi, H., Fernández De La Garza, G., Léna, P., Millar, R., Reiss, M., Rowell, P., & Yu, W. (2010). *Principios y grandes ideas de la educación en ciencias*. Ashford Colour Press Ltd. www.ase.org.uk
- Cárdenas, A. (2021). El conocimiento escolar en los lineamientos curriculares, estándares básicos de competencias y derechos básicos del aprendizaje para el área de ciencias naturales en Colombia: estudio de caso ANA. Universidad Distrital Francisco José de Caldas.
- Carrascosa, J., Martínez-Torregrosa, J., Furió, C., & Guisasola, J. (2008). ¿Qué hacer en la formación inicial del profesorado de ciencias de secundaria? *Revista Eureka*, 5(2), 118–133.
- Cuesta, Y. (2020). Cambios didácticos en un profesor universitario de física apoyados en la integración de estudios epistemológicos e históricos de la física cuántica y de la ciencia como sistema cultural (Issue February). Universidad Distrital Francisco José de Caldas.
- Faria, F., Revel, A., & Adúriz-bravo, A. (2021). Naturaleza de la ciencia en un objeto virtual de aprendizaje para el profesorado de ciencias en formación. *Enseñanza de Las Ciencias*, 39, 239–258.
- Fenstermacher, G. (1989). *Tres aspectos de la filosofía de la investigación sobre la enseñanza*. In; la investigación de la enseñanza, vol. i. enfoques, teorías y métodos (pp. 149–179).
- García, E. (2011). Las prácticas experimentales en los textos y su influencia en el aprendizaje. Aporte histórico y filosófico en la física de campos [Universidad Autónoma de Barcelona].
<https://www.educacion.gob.es/teseo/imprimirFicheroTesis.do?fichero=24141>
- Martínez, C. (2009). El conocimiento profesional de los (as) profesores (as) de ciencias: algunos aspectos centrales en el desarrollo de la línea de investigación. *Revista Científica*, 11, 62–75.
- Melo, L. (2017). Explorando el cambio del conocimiento didáctico del contenido con profesores de física de Bachillerato. *Enseñanza de Las Ciencias: Revista de Investigación y Experiencias Didácticas*, Extraordin, 171–175.
- Mordeglia, C., & Mengascini, A. (2014). Caracterización de prácticas experimentales en la escuela a partir del discurso de docentes de primaria y secundaria. *Enseñanza De Las Ciencias*, 32.2, 71–89.

- Mosquera, C., Alonso, M. X., García, A. M., Marín, A. S., Prada, L. E., Rincón, J. P., & Saldaña, L. S. (2021). El conocimiento didáctico del contenido y su impacto en los conocimientos prácticos de los profesores de ciencias y en la construcción de conocimientos científicos escolares. *Revista Científica*, 40(1), 45–62. <https://doi.org/10.14483/23448350.15711>
- Mosquera, C., & Furió-Mas, C. (2008). El cambio didáctico en profesores universitarios de química a través de un programa de actividades basado en la enseñanza por investigación orientada. *Didáctica de Las Ciencias Experimentales y Sociales*, 22, 115–154.
- Pozo, J., & Gómez, M. (1998). *Aprender y enseñar ciencia. Del conocimiento cotidiano al conocimiento científico*. Ediciones Morata.
- Quintanilla, M., Labarrere, A., Santos, M., Cadiz, J., Cuellar, L., Saffer, G., & Camacho, J. (2005). Elaboración validación y aplicación preliminar de un cuestionario sobre ideas acerca de la imagen de ciencia y educación científica de profesores en servicio.
- Ravanal, E., Quintanilla, M., & Labarrere, A. (2012). Concepciones Epistemológicas Del Profesorado De Biología En Ejercicio Sobre La Enseñanza De La Biología. *Ciência & Educação* (Bauru), 18(4), 875–895. https://www.researchgate.net/publication/262655884_In-service_Biology_teachers_Epistemological_conceptions_of_Biology_teaching
- Rodríguez, G., Gil, J., & García, E. (1996). Metodología de la investigación cualitativa. In *Introducción a la investigación cualitativa* (pp. 39–59). Ediciones Aljibe. <https://doi.org/GR-847-1996>
- Solbes, J., Domínguez, M. C., Fernández, J., Furió, C., Guisasaola, J., & Cantó, J. (2013). ¿El profesorado de física y química incorpora los resultados de la investigación en didáctica? *Didáctica de Las Ciencias Experimentales y Sociales*, 0(27), 155–178. <https://doi.org/10.7203/dces.27.2617>
- Zapata, J. (2017). El contexto profesional en la enseñanza del electromagnetismo desde una perspectiva histórica en programas universitarios diferentes: implicaciones para el cambio didáctico. Universidad Distrital Francisco José de Caldas.



CONSTRUYENDO PYTHON NOTEBOOKS EN EL CURSO DE OSCILACIONES PARA LA FORMACIÓN DE PROFESORES DE FÍSICA.

BUILDING PYTHON NOTEBOOKS IN THE OSCILLATIONS COURSE FOR PHYSICS TEACHER EDUCATION.

CONSTRUÇÃO DE CADERNOS PYTHON NO CURSO DE OSCILAÇÕES PARA O TREINAMENTO DE PROFESSORES DE FÍSICA.

Juan David Hernández Flórez 1*^{ID}, Carlos Andrés Gómez Vasco 2**^{ID}

Hernández, J. D., Gómez, C. A. (2023). Construyendo Python notebooks en el curso de oscilaciones para la formación de profesores de física. *Góndola, Enseñanza y Aprendizaje de las Ciencias*, Número especial, v18, pp.1-12

Resumen

A través del tiempo los planes de estudio de licenciaturas de física en el país han llevado componentes curriculares de las TIC, y cada vez son más los créditos académicos dentro de los planes de estudio. Estos espacios tienen características preponderantes al desarrollo de habilidades de programación. Sin embargo, aún es un poco difuso la manera como estas habilidades se transversalizan en las demás componentes del currículo. En este trabajo se presenta una propuesta de diseño transversal de un curso de oscilaciones haciendo uso de las habilidades de programación adquiridas con anterioridad por los estudiantes de la Licenciatura en Física de la Universidad Distrital. Se hace uso del lenguaje de programación Python y la herramienta de construcción de notebooks Google Colab. Dentro de la propuesta se plantea a estudiantes del curso de vibraciones y ondas el desarrollo de algunos notebooks para estudiar aspectos conceptuales de las oscilaciones mecánicas. Luego se compara la herramienta con los recursos bibliográficos tradicionalmente usados por estudiantes y profesores que se enfrentan a este curso. Se hace especial énfasis en el análisis gráfico para potencializar el proceso de aprendizaje de las temáticas. Estos desarrollos facilitan a los estudiantes modificar parámetros de diversas variables y observar los cambios para entender la temática estudiada en cada caso. Por último, se evalúa la propuesta desarrollada e implementada en una pequeña muestra de los estudiantes participantes del curso, concluyendo que las herramientas desarrolladas entregan un valor agregado a la comprensión en el estudio de estos fenómenos asociados al curso, debido en gran parte a las diferentes modificaciones en las variables que puede realizar quien usa el recurso.

Palabras-Clave: Algoritmo, aprendizaje visual, gráficas, aplicación informática.

* Estudiante de licenciatura en física. Universidad Distrital Francisco José de Caldas, Colombia, Correo electrónico: jdhernandezf@udsitrital.edu.co
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4981-6559>

** Magíster en Física. Universidad Distrital Francisco José de Caldas y Universidad Antonio Nariño, Colombia, Correo electrónico: cagomezv@udistrital.edu.co, carlosgomez@uan.edu.co ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1473-0568>

Abstract

Over time, the curricula of physics degrees in the country have included ICT curricular components, and there are more and more academic credits within the curricula. These spaces have preponderant characteristics to the development of programming skills. However, it is still a little unclear how these skills are mainstreamed into the other components of the curriculum. This paper presents a proposal for a transversal design of a course on oscillations using the programming skills previously acquired by the students of the Physics Degree of the Universidad Distrital. Use is made of the Python programming language and the notebook construction tool Google Colab. Within the proposal, students of the vibrations and waves course are asked to develop some notebooks to study conceptual aspects of mechanical oscillations. Then the tool is compared with the bibliographic resources traditionally used by students and teachers who face this course. Special emphasis is made on the graphical analysis to enhance the learning process of the topics. These developments allow students to modify parameters of several variables and observe the changes to understand the thematic studied in each case. Finally, the proposal developed and implemented in a small sample of students participating in the course is evaluated, concluding that the tools developed provide an added value to the understanding in the study of these phenomena associated with the course, largely due to the different modifications that can be made by those who use the resource.

Keywords: Algorithm, visual learning, graphics, computer application.

Resumo

Ao longo do tempo, os currículos de graduação em física no país têm sido dotados de componentes curriculares TIC, e cada vez mais créditos acadêmicos dentro dos currículos. Estes espaços têm um foco preponderante no desenvolvimento das habilidades de programação. No entanto, ainda não está claro como essas habilidades estão integradas nos outros componentes do currículo. Este trabalho apresenta uma proposta de projeto transversal de um curso sobre oscilações, fazendo uso das habilidades de programação previamente adquiridas pelos alunos do Bacharelado em Física da Universidade Distrital. É utilizada a linguagem de programação Python e a ferramenta de construção de cadernos do Google Colab. Como parte da proposta, os alunos do curso de vibrações e ondas são solicitados a desenvolver alguns cadernos para estudar aspectos conceituais das oscilações mecânicas. A ferramenta é então comparada com os recursos bibliográficos tradicionalmente utilizados por estudantes e professores que se deparam com este curso. Ênfase especial é colocada na análise gráfica para melhorar o processo de aprendizagem. Estes desenvolvimentos facilitam a modificação dos parâmetros de várias variáveis e a observação das mudanças para compreender o assunto estudado em cada caso. Finalmente, a proposta desenvolvida e implementada em uma pequena amostra de alunos participantes do curso é avaliada, concluindo-se que as ferramentas desenvolvidas fornecem valor agregado ao entendimento no estudo destes fenômenos associados ao curso, em grande parte devido às diferentes modificações que podem ser feitas por aqueles que utilizam o recurso.

Palavras-Chave: Algoritmo, Aprendizagem visual, gráficos, aplicação informática.

1. Introducción

La OCDE, en temas educativos, genera incidencia por la calidad de la educación, continuamente fomenta entornos educativos innovadores y efectivos siempre buscando escenarios que aporten resultados de alto impacto sobre los discentes. Y, no es necesario un análisis de un experto ni una mirada en profundidad para saber que los entornos más innovadores están sustentados desde las TIC como recursos metodológicos que favorezcan la integración del currículo como parte de una formación integral para los profesionales competitivos en el mundo actual. La efectividad en el proceso de aprendizaje es más relevante cuando se integran estas al currículo.

En el contexto educativo a nivel global, son muy pocas las instituciones educativas que involucran habitualmente las TIC en el sistema educativo. Hasta en los sistemas educativos más desarrollados del mundo el uso de computadores y dispositivos móviles inteligentes se limita al docente de informática o como herramienta para el desarrollo de trabajos y tareas asignadas.

Estudios de la OCDE demuestran que los entornos educativos más innovadores y con mejores resultados de aprendizaje son aquellos que, además de un sistema pedagógico innovador, integran las TIC en su desarrollo diario. Dejando múltiples beneficios de su uso, como la democratización del conocimiento, la posibilidad de acercarse a otra cultura, un aumento en las posibilidades de comunicación para los docentes y la personalización y adaptabilidad a las diversas necesidades de la enseñanza (OCDE, 2020).

La formación de profesores de física no es ajena a estas necesidades, incluso en las reformas curriculares de los diferentes procesos de acreditación muestran un aumento en la cantidad de créditos académicos que hoy estos programas tienen en sus planes de estudio. Aunque de forma difusa, está la integración de estas habilidades al

currículo como parte de la formación integral del profesor de física.

En este trabajo se hace una revisión conceptual de la importancia de la implementación de las TIC en el currículos de formación de profesores de física y su implementación de manera transversal en un curso disciplinar de la física, motivando a un grupo de estudiantes a vincular los conocimientos aprendidos en espacios de programación al aprendizaje de temáticas concretas de la disciplina de formación y llevando inmerso un mensaje de innovación en el proceso de enseñanza-aprendizaje, como el plus que pueda generar la preocupación por desglosar, entender conceptualmente a profundidad y con rigurosidad la ciencia que se enseña.

En una segunda sección se ilustra la metodología de trabajo establecida en el aula. Luego se muestran los resultados conseguidos para los cuatro experimentos didácticos planteados al grupo de profesores de física en formación. Y finalmente se encuentra un análisis reflexivo de las bondades conceptuales y didácticas que esta experiencia deja para el proceso de formación.

2. Marco de Referencia.

La formación de profesores de física en Colombia está fuertemente marcada por las vertientes actuales de la incorporación de las TIC en los currículos y planes de estudio de estos pregrados universitarios, históricamente los espacios académicos para el desarrollo de habilidades TIC han estado presentes desde la década de los 90 (e incluso antes) del siglo pasado y progresivamente han incrementado gradualmente el porcentaje de estos espacios en los planes de estudio, un aporte importante a esta vertiente de la formación de profesores de física está asociado con cursos completos para formarse en habilidades de programación, habilidades que en tiempos actuales de pandemia y futuro post - pandémico son requeridos en los diferentes campos laborales, académicos y de investigación. En la figura 1 se observa una distribución de los créditos

académicos actuales en los planes de estudio de cuatro universidades a nivel nacional que ofrecen programas de formación de profesores de física.

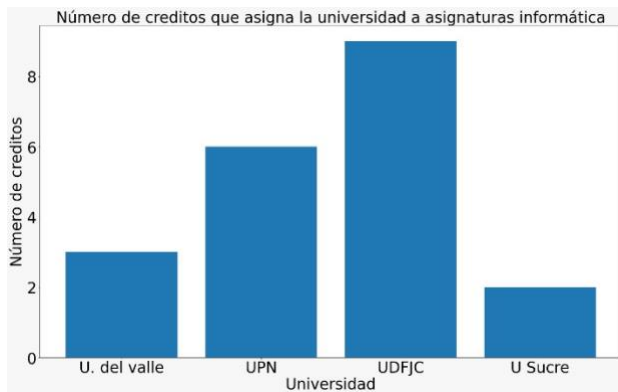


Figura 1. Distribución de créditos en algunas universidades del país. **Fuente:** Los Autores.

La Universidad Distrital Francisco José de Caldas (UDFJC), desde su plan de estudios del año de 1998 contaba con una asignatura enfocada en desarrollar habilidades de programación, mientras en la reforma del año 2009 se aumenta a dos espacios académicos con el propósito de mejorar la formación en estas las habilidades, que bajo el nuevo esquema de créditos académicos se establecieron en cuatro (4). La reforma al plan de estudios aprobada en el último proceso de acreditación del programa dejó para el año 2019 nueve (9) créditos distribuidos en cuatro espacios académicos que obedecen a aproximadamente al 5.6% del total del plan de estudios (Universidad Distrital Francisco José de Caldas [UDFJC], 2017). En la figura 2 se observa el aumento gradual de la cantidad de créditos de las diferentes renovaciones de registro calificado a lo largo del tiempo.

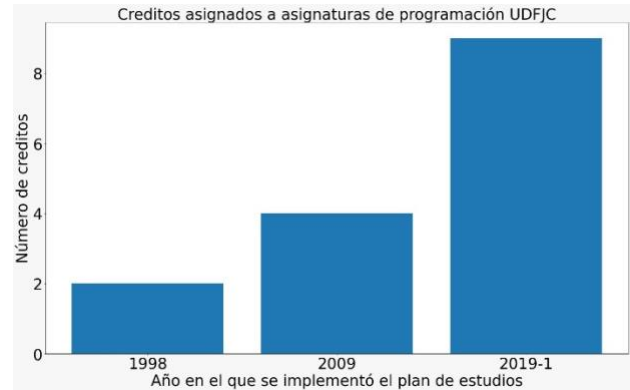


Figura 2. Aumento de créditos en asignaturas de programación en la UDFJC. **Fuente:** Los Autores.

Este aumento en la intensidad de formación para habilidades de programación y manejo de herramientas TIC está acorde con diferentes líneas de pensamiento, como la que afirma que los estudiantes necesitan considerablemente más herramientas computacionales que sus antecesores, si quieren diferenciarse de sus competidores en cualquier profesión (Yasar et al., 2006).

El crecimiento y desarrollo tecnológico ha incrementado en la última década el poder computacional de una manera exponencial, entre el 2010 y 2020 se han desarrollado tecnologías supremamente vanguardistas; inteligencia artificial, la nube, el Open Source, Seguridad, 4G, Internet of Things, Big Data y Analytics. (Holloway, 2020). Todo ello llevando a que la academia y la industria desarrolle de manera óptima la educación en física computacional buscando la integración de la informática con la física, siempre con el fin de obtener mejores resultados en el aprendizaje y contrastando con la forma tradicional de enseñanza (Yasar y Landau, 2003).

Los estudiantes que hoy llegan al aula de física son individuos de la llamada generación Z, conocidos por que son 100% nativos digitales. Suelen ser creativos, autodidactas, multipantallas y multitareas. Lo que lleva a la educación tradicional a ser poco llamativa para cumplir con las necesidades y expectativas que las nuevas generaciones le demandan, existe hoy un reto en el modelo educativo donde el 47% pasa más de tres

horas diarias en una plataforma de video, el 59% prefiere utilizar YouTube para aprender y tan solo el 39% prefiere que la instrucción sea dirigida por un docente (Quinteros, C., & Migone, 2020).

2.1. La necesidad de una nueva enseñanza de la física para los nativos digitales.

El docente de la actualidad forma parte de otras generaciones que aún se encuentra en un proceso de adaptación, se puede considerar que poseen un rezago tecnológico con respecto a sus discentes. Cae frecuentemente en el error de sus propias pretensiones, enseñando como aprendió y desconociendo las necesidades actuales de enseñanza, específicamente las de enseñar física. (Zayas y Ávila, 2018).

Si bien, el aumento de créditos en habilidades TIC dentro de los planes de estudio de las licenciaturas en física en el país obedecen a múltiples factores, que pueden estar vinculados con la identidad de los programas, atendiendo a las líneas de investigación de sus grupos de investigación y como respuesta a políticas públicas educativas que así lo exigen. La transversalidad de estas habilidades en el currículo no se evidencia de manera concreta en los demás espacios académicos y terminan dejando una sensación en los estudiantes de ser actividades de relleno que poco o nada complementan su formación como profesores de física, en una encuesta realizada a estudiantes de la Licenciatura en física de la Universidad Distrital que ya han completado algunos espacios académicos de la formación en habilidades de programación. El 100% considera que estas habilidades deberían ser usadas con más frecuencia en otros cursos de formación disciplinar en física y matemáticas. Adicionalmente, valoran que la formación recibida en estos espacios es útil porque; 1. Facilita procesos en el análisis de prácticas de laboratorios. 2. Serán útiles en el futuro ejercicio profesional de labor docente. 3. Se puede usar en la enseñanza de la física. Y 4. Consideran que es muy poco lo que contribuyen en procesos de aprendizaje de asignaturas disciplinares.

Estos resultados de las percepciones de los estudiantes muestran con claridad que las herramientas de programación adquiridas en los cursos poco o nada se implementan en el ejercicio inmediato de formación como profesores de física, más allá de ser una herramienta para el análisis y presentación de informes de laboratorio, los profesores en formación no consideran que estas habilidades les permitan acercarse a la comprensión y aprendizaje del área disciplinar de la física.

3. Métodos y procedimientos.

En diferentes momentos de un curso de vibraciones y ondas en medio de los semestres más agudos de la pandemia por SARS-CoV-2 se planteó el desarrollo de cuatro Notebooks en Python usando la herramienta de Google Colab a los estudiantes del curso, se eligió esta herramienta dado que la cuenta de correo institucional de la Universidad Distrital FJC está con los servicios de Google Workspace y no se requiere de ninguna instalación local para su adecuado funcionamiento, todo se realiza mediante un navegador Web e incluso la memoria RAM y el Disco Duro necesarios para la ejecución de las sentencias es proporcionado desde la Nube, ello facilita que los únicos requerimientos de máquina sean tener un dispositivo con una mediana conexión a internet.

Las gráficas aquí presentadas son el resultado proporcionado por uno de los estudiantes del curso, mostrando aquí el producto conseguido después de solicitar a los estudiantes; usando notebooks de Google Colab, realicen soluciones a las siguientes problemáticas planteadas.

3.1. Solución completa de un péndulo.

En esta primera actividad se solicita que se presente de manera teórica el desarrollo analítico del péndulo como ejemplo de un oscilador armónico, haciendo uso de la aproximación de pequeñas oscilaciones que generalmente suele enseñarse en las primeras temáticas del curso; debe hacer uso de la librería numpy para funciones matemáticas, construyendo una solución numérica de la ecuación 1.

$$\frac{d^2\theta}{dt^2} + \omega_0 \sin(\theta) = 0 \quad (1)$$

Por último, se debe elaborar una gráfica que ilustra la diferencia existente entre la solución analítica y numérica para este sistema, resaltando la importancia que pueda tener el ángulo inicial en que el péndulo es liberado.

3.2. Una revisión detallada a las oscilaciones amortiguadas: ¿Es realmente exponencial el decaimiento de su energía?

Esta actividad se subdividió en dos secciones, en la primera se solicita una muestra de cada caso de las oscilaciones amortiguadas, haciendo énfasis en las soluciones analíticas encontradas para la relación entre la frecuencia de amortiguamiento y la frecuencia natural del sistema ($\omega_0 = \gamma$, $\omega_0 < \gamma$, $\omega_0 > \gamma$). Se debe ilustrar una gráfica con los casos poco estudiados en la literatura de sobre-amortiguado y críticamente amortiguado.

En una segunda sección del notebook se debe conseguir un detallado comportamiento de la energía en el caso subamortiguado, resaltando la no generalidad sobre el decaimiento exponencial en la energía total del sistema de manera indiscriminada.

3.3. Oscilaciones perpendiculares Figuras de Lissajous.

En esta actividad se debe poder construir cualquier figura de Lissajous solo cambiando la fase, y la frecuencia natural de oscilación, explicando detalladamente cómo funciona el algoritmo para realizar estas figuras de manera correcta.

3.4. Oscilaciones forzadas con amortiguamiento.

En la última actividad se debe construir un arreglo de cuatro gráficas que permitan generar una interacción en tiempo real sobre las variables físicas; 1) amplitud, 2) diferencia de fase, 3) potencia en función de la frecuencia de forzamiento y 4) posición, potencia y fuerza de forzamiento en función del tiempo. Todas ellas deben controlarse desde dos barras deslizantes

para la frecuencia de forzamiento y la frecuencia de amortiguamiento.

3.5. Encuesta de percepción.

Como elemento de validación didáctica se realiza una encuesta con fines de evaluar la percepción que tuvieron los estudiantes frente a los ejercicios didácticos planteados. Se realizan en su mayoría preguntas cerradas y una última abierta, para conocer los comentarios de los estudiantes sobre si estas actividades contribuyeron a solventar dudas en su proceso de aprendizaje. Las preguntas realizadas fueron:

- *¿Considera que las gráficas realizadas Python en el curso de vibraciones y ondas contribuyeron en su proceso de aprendizaje?*
- *En una escala del 1 al 5 ¿Qué tan difícil fue realizar los códigos propuestos por el docente? (1. Muy difícil. 2. Difícil. 3. Ni difícil ni fácil. 4. Fácil. 5. Muy Fácil.)*
- *¿Considera que el uso de este tipo de herramientas debería ser aplicadas con más frecuencia en sus otros cursos de física y/o matemáticas?*

6. Resultados

4.1. Resultados e interpretaciones para el péndulo.

Un par de libros tradicionales para el estudio de las vibraciones mecánicas son: Vibraciones y Ondas de Anthony Philip French. Y Ondas (Berkeley Physics Course) de Jr. Crawford. En ambos textos se hace hincapié en oscilaciones sinusoidales, detallando conceptualmente que estas se consiguen cuando se realizan desplazamientos suficientemente pequeños de la coordenada generalizada del sistema, para el caso del péndulo es el ángulo.

En el primer acercamiento del modelo propuesto por estos textos la fuerza restauradora termina siendo una ecuación de movimiento no lineal (ver ecuación 1, incluso al tratar el problema del péndulo, el French presenta la ecuación no lineal como una aproximación a la ecuación diferencial lineal, por otra parte el curso del Berkeley, inicia

advirtiendo que para oscilaciones grandes en el péndulo la ecuación armónica es “una aproximación pobre de la ecuación de movimiento” (ver ecuación 2 - Crawford, 1912, p. 3), posteriormente al tratamiento de este sistema, se realiza una explicación a groso modo sobre la aproximación a través de la serie de Taylor. En ambos textos es notoria la limitación que estos tienen al llegar escuetamente a la solución armónica, se observa que para ambos autores no es importante establecer una explicación detallada de lo que puede pasar cuando el oscilador no sigue esta aproximación, si bien, lo que importa en este momento pedagógico es resaltar lo que sucede con las oscilaciones pequeñas.

$$F(x) = -(k_1x_1 + k_2x_2 + k_3x_3 + \dots) \quad (2)$$

Para la formación de profesores de física consideramos importante resaltar el caso general de la ecuación 2. El péndulo simple es uno de los sistemas físicos que se pueden encontrar en diferentes textos de oscilaciones, para el caso en cuestión que compete a este trabajo, el péndulo simple requiere una explicación detallada desde el cómo se construye la ecuación canónica del oscilador armónico, pero también el considerar la solución en la ecuación no lineal. El hecho que el profesor de física en formación pueda contrastar las consecuencias que llevan a el péndulo a ser un oscilador no lineal, podría ampliar el panorama para una interpretación de futuros resultados en algún experimento. Para esta explicación se construye un código en Python que grafique los resultados de la consideración armónica y la ecuación no lineal, como se ve en las figuras 3a y 3b, donde se dibuja ambas soluciones en una sola gráfica facilitando realizar comparaciones más precisas. En la simulación construida se puede variar el ángulo, permitiendo ilustrar cómo crece la diferencia entre la oscilación real y la aproximación lineal, así dimensionar desde un principio del curso las limitaciones de describir sistemas oscilantes con una ecuación diferencial lineal.

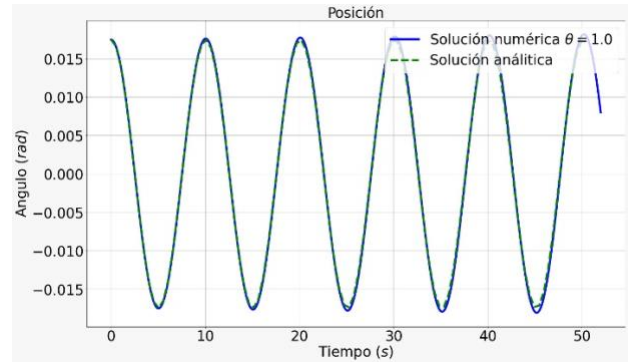


Figura 3a.

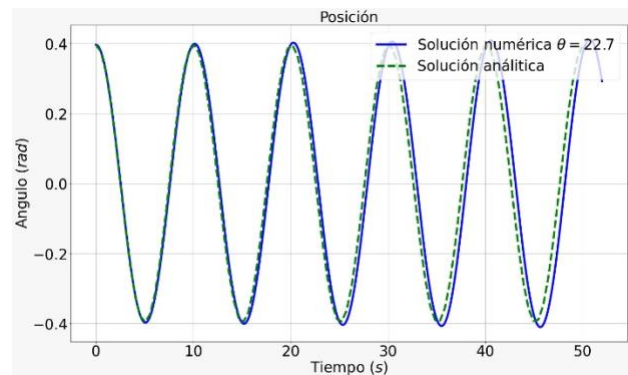


Figura 3b.

Figura 3. Péndulo simple. Fuente: Los Autores

4.2. Tratamiento de las oscilaciones amortiguadas.

Las oscilaciones de los sistemas reales no pueden describir un movimiento sinusoidal perfecto dadas las diferentes variables que afectan el entorno del sistema, es por esto que se modelan las oscilaciones amortiguadas. Estas oscilaciones describen el movimiento de un oscilador en sistemas viscosos, o al que se le genera una fuerza directamente proporcional a la primera potencia de la velocidad del sistema, que lleva a un modelamiento matemático bastante interesante; describiendo el mismo sistema en tres posibles respuestas (ver figura 4). De estas posibles respuestas en el tratamiento que describe el texto del Berkeley se aprecian solamente una, la correspondiente a oscilaciones subamortiguadas. En lo que respecta al French este realiza diferentes gráficas del mismo resultado subamortiguado semejantes a la función correspondiente en la figura 4, y para las otras dos situaciones conocidas como sobreamortiguado y críticamente

amortiguado dedica un escueto texto donde presenta un desarrollo rápido de las consideraciones a tener en cuenta para solucionar las ecuaciones, pero sin un análisis más detallado, ni un estudio gráfico como el conseguido en el código Python solicitado de la figura 4 donde se puede realizar una comparación detallada sobre las 3 posibles respuestas del oscilador que se consideran en la soluciones de la ecuación diferencial de movimiento. Nuevamente se observa que los textos tradicionales usados como referentes para llevar a cabo estos cursos centran su interés en un caso particular, consideramos que la no explicación de los casos sobre amortiguado y críticamente amortiguado en este par de autores no se considera sencillamente porque en dichos casos realmente no existen las oscilaciones y el interés primario de estos cursos es estudiarlas. Sin embargo, para el futuro profesor de física es de sumo interés comprender que sucede en estos dos casos y por qué; rápidamente los autores alejan la lupa y su atención de este par de posibilidades dentro de los discursos científicos construidos.

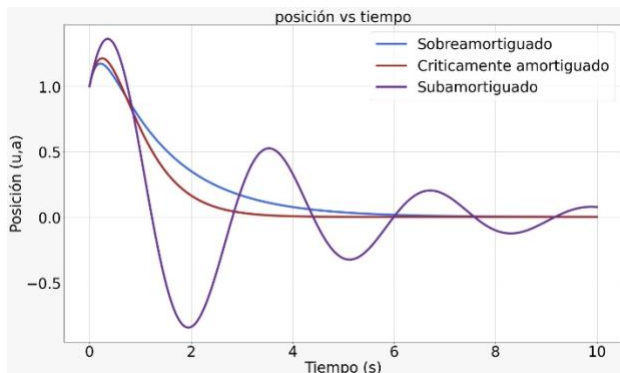


Figura 4. Oscilaciones amortiguadas. **Fuente:** Los Autores.

En cuanto a la segunda solicitud, el estudio de la energía, el French realiza un análisis a la función de la energía del sistema, mostrando una gráfica semejante a la de la figura 6 explicando que es el resultado de la gráfica se consigue de considerar $\gamma \ll \omega_0$, pero con esto nace la pregunta ¿y qué pasa cuando la condición no se cumple?, es decir que solo $\gamma < \omega_0$, pues al realizar el respectivo procedimiento matemático para la energía del sistema y graficando las ecuaciones respectivas

para la energía cinética, energía potencial y energía total del sistema se obtienen las gráficas de la figura 5 y se nota que la energía total del sistema no es la exponencial decreciente de la figura 6, precisamente la exponencial pura decreciente sucede cuando en el código construido la relación entre γ y ω_0 se encuentra en un orden aproximado de 10^{-3} , permitiendo entender con más detalle los resultados del modelo.

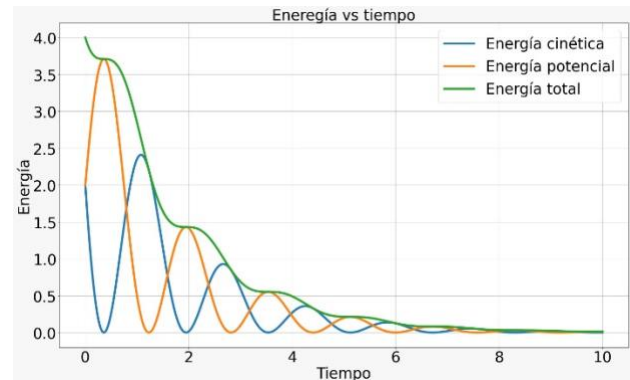


Figura 5. Energías de un oscilador subamortiguado. **Fuente:** Los Autores.

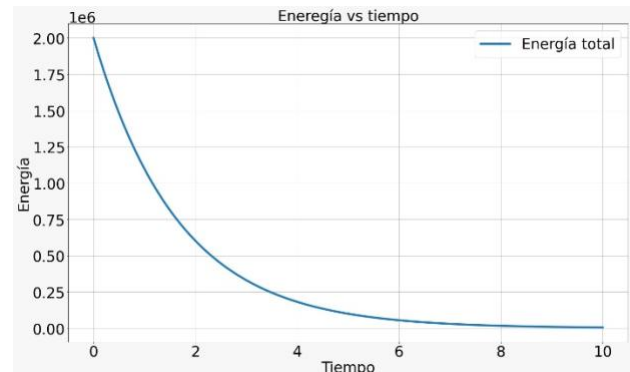


Figura 6. Energía total de un oscilador subamortiguado cuando $\gamma \ll \omega_0$. **Fuente:** Los Autores.

4.3. Consiguiendo y entendiendo las figuras de Lissajous.

Las oscilaciones perpendiculares y figuras de Lissajous son una de las temáticas que debido a la complejidad que conlleva construir las generan explicaciones magistrales tediosas. El curso del Berkeley no aparta una sección para ellas, a diferencia del French que cuenta con todo un capítulo dedicado a la superposición de oscilaciones perpendiculares, y explica la forma en

que se pueden construir estas figuras, invirtiendo un detallado tratamiento de varias páginas para esto. Sin embargo, el cómo se construyen cada una de estas gráficas se convierte en una tarea agobiante, ahora con ayuda de Notebook construido, y entendiendo la teoría detrás de estas el profesor en formación terminó dibujando todas en cuestión de unas cuantas líneas de código, facilitando así realizar las figuras correspondientes a las diferentes frecuencias naturales de oscilación y su desfase, como se puede ver en la figura 7.

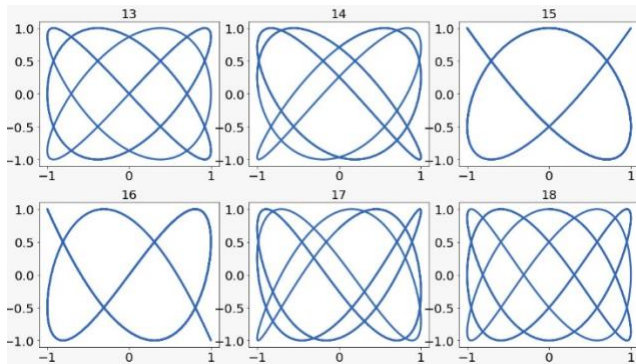


Figura 7. Las figuras de Lissajous. **Fuente:** Los Autores.

4.4. Consiguiendo la visualización de múltiples variables de manera simultáneas en las oscilaciones forzadas amortiguadas.

Las oscilaciones forzadas amortiguadas son un modelo interesante dado su gran variedad de aplicaciones, el comportamiento de sus diferentes variables cuando la frecuencia externa se ve alterada, la condición de resonancia, análisis desde la mecánica cuántica, entre otras cosas, son elementos interesantes que se pueden desarrollar en un curso. En los contenidos de los dos libros trabajados, el Berkeley se enfoca exclusivamente en el desarrollo de un modelamiento matemático y diferentes casos como de oscilaciones forzadas o análisis de estos: oscilaciones inicialmente no perturbadas, pulsaciones transitorias, deducción cuantitativa de la forma de la resonancia, resonancias con sistemas de dos grados de libertad, oscilaciones forzadas de dos péndulos acoplados, entre otros. El Berkeley se desarrolla sin presentar muchas graficas que relacionen las variables que este va trabajando, concentrándose en una

explicación desde los resultados obtenidos y análisis de estos, a diferencia del French, que aunque da una explicación desde este mismo modelo matemático, implementa dentro de su contenido el análisis de las diferentes variables en un contenido visual semejantes a algunas de las gráficas que se observan en la figura 8, mostrando que para diferentes factores de calidad y frecuencias externas las gráficas se ven alteradas, presentando características diferentes para sus variables cuando se cambia uno u otro, entre otras casos y aplicaciones de este modelo, que a diferencia del Berkely, el libro de French sí da uso a varios tipos de gráficas y representaciones pictóricas, permitiendo un análisis más allá del análisis matemático.

Como se puede detallar en la figura 8 la ventaja que permite el notebook construido, está centrado en gráficas que cambian según los valores que se le den a γ y ω_{ext} y así poder interpretar de qué manera se ven alteradas variables como la energía en el oscilador amortiguado forzado. En este diseño, también se puede cambiar las dos condiciones a libre albedrío y determinar de manera concreta la forma en la que actúan estas en el sistema. Para la simulación conseguida, es importante resaltar que es posible ver de manera simultánea qué sucede con el fenómeno de la resonancia; en la primera gráfica se observa la resonancia en amplitud del oscilador y justamente en la gráfica inferior se puede corroborar que es precisamente en ese momento cuando la absorción de energía en el sistema se hace máxima, al visualizar en la misma gráfica la variable potencia del oscilador, posición y velocidad. Justo al lado derecho se tiene el comportamiento del desfase y curva de resonancia de la potencia, que a diferencia de la resonancia de amplitud es totalmente simétrica facilitando el estudio de todas las variables al tiempo en una sola pantalla.

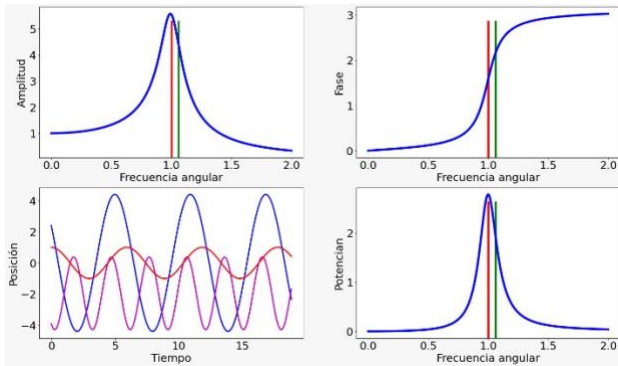


Figura 8. Diferentes parámetros de un oscilador forzado.
Fuente: Los Autores.

4.5. La percepción de los estudiantes.

El curso de oscilaciones y ondas culminó con 10 participantes, quienes contestaron en su totalidad a la encuesta planteada.

A la primera pregunta “¿Considera que las gráficas realizadas Python en el curso de vibraciones y ondas contribuyeron en su proceso de aprendizaje?” el 100% contestó de manera afirmativa.

A la segunda pregunta “En una escala del 1 al 5 ¿Qué tan difícil fue realizar los códigos propuestos por el docente?” 1 estudiante afirmó que fue “muy difícil”, 1 estudiante fue “difícil”, 6 estudiantes contestaron que no fue “difícil ni fácil”, y 2 estudiantes contestaron que “fue fácil”.

Para la tercera pregunta “¿Considera que el uso de este tipo de herramientas debería ser aplicadas con más frecuencia en sus otros cursos de física y/o matemáticas?” los 10 encuestados contestaron de manera afirmativa.

Las apreciaciones que los profesores de licenciatura en física en formación aportaron respecto a si estas actividades contribuyeron a sus dudas y aprendizaje fueron:

- *Sí, las gráficas ayudaron a comprender no solamente el concepto del fenómeno sino su comportamiento.*

- *Sí, debido a que observar los diferentes parámetros y poderlos modificar ayuda a asimilar lo que sucede.*
- *Sí, ayudaron a entender mejor los conceptos y las formulaciones matemáticas.*
- *Si porque es posible tener una interacción con las variables de las que depende, lo que permite que se puedan variar directamente las gráficas y así tener una mayor apropiación de los conceptos.*
- *Ver el sistema físico de la mano de su representación cartesiana permite comprender las características esenciales del movimiento.*
- *Si, totalmente, ver el análisis desde allí es muy didáctico.*

5. Conclusiones y/o consideraciones finales

La formación de profesores de física desde los diferentes programas de pregrado y posgrado del sistema universitario necesita considerar el problema fundamental de tener hoy en el sistema académico diversas generaciones en un mismo espacio de formación, las generaciones actuales demandan que sus habilidades innatas y adquiridas en pequeños espacios del currículo con las TIC sean involucradas de manera transversal en actividades de la formación disciplinar, visibilizando la importancia que el mundo actual demanda en habilidades de programación y que estas se conviertan en una herramienta inmediata de utilidad para la adquisición de nuevo conocimiento.

Resaltar la posibilidad que ellas brindan para desglosar, indagar y realizar visualizaciones que ahonden de manera práctica en los conceptos que los textos tradicionales desarrollan.

El uso de herramientas y habilidades computacionales desarrolladas por los estudiantes, pueden ser elementos usados en futuros cursos de oscilaciones para dar explicación a aquellos problemas que en los libros no se desarrollan, como lo es la solución numérica para el oscilador

David Hernández, Carlos Gómez. (2022). Construyendo Python notebooks en el curso de oscilaciones para la formación de profesores de física.

armónico simple (ver figuras 3a y 3b), la comparación de las gráficas en los diferentes casos de un oscilador amortiguado (ver figura 4), la explicación detallada del decaimiento en la energía total de un oscilador subamortiguado, resaltando la oscilación de la energía con un envolvente exponencial que describe el sistema (ver figura 5 y figura 6), la forma en la que se describe la construcción de las figuras de Lissajous (ver figura 7) y el cambio que se da en las diferentes variables de un oscilador forzado amortiguado cuando se varían los parámetros de γ y ω (ver figura 8).

El uso de una herramienta como Python puede facilitar en el estudiante una construcción de gráficas de interés para el aprendizaje que no se consiguen en los tratados teóricos propuesto en la literatura tradicional, como lo es la gráfica del oscilador no lineal, la comparación de los tres osciladores amortiguados, la forma verdadera en la que decae la energía de un oscilador amortiguado, mostrando a su vez la energía cinética y potencial del sistema. También le permite a este ahondar con más propiedad en el análisis gráfico que encuentra, puede recrear las gráficas, manipular parámetros e interactuar con los cambios del comportamiento de las diferentes variables en los sistemas. Esta herramienta puede ser útil no solo para un trabajo autodidacta, sino en su futura labor docente, el licenciado en física puede implementarla, mejorarla y aplicarla en la enseñanza de la física dentro o fuera del aula.

6. Referencias

- Ávila-López, L.A., Zayas, C. (2018). **Desafíos de los docentes frente a la generación millennial y centennial**. In book: Cuarta Revolución Industrial: Tecnologías en las áreas administrativas, contables, informáticas y de negocios. (pp.19-31). Publisher: Pearson.
- Crawford, F. S. (2012). **Ondas (Berkeley Physics Course)**. Editorial Reverté.
- Quinteros, C., & Migone, D. (2020). **¿Cómo aprende la Gen Z y qué esperan de la educación?** Observatorio del Tecnológico de Monterrey.

<https://observatorio.tec.mx/edu-bits-blog/generacion-z-expectativas-educacion>.

- French, A. P. (2012). Vibraciones y ondas (Vol. 2). Reverté.
- Holloway, C. (2020, enero 20). **Los 2010: la década en que la tecnología cambió todo**. IT Masters Series. <https://www.itmastersmag.com/noticias-analisis/los-2010-la-decada-tecno/>.
- OCDE. (2020). **Aprovechar al máximo la tecnología para el aprendizaje y la formación en América Latina**. https://www.oecd.org/skills/centre-for-skills/Aprovechar_al_m%C3%A1ximo_la_tecnolog%C3%ADa_para_el_aprendizaje_y_la_formaci%C3%B3n_en_Am%C3%A9rica_Latina.pdf
- Universidad Distrital Francisco José de Caldas. (2017). **Proyecto Educativo del Programa Proyecto Curricular Licenciatura en Física**. <http://acreditacion-facciencias.udistrital.edu.co:8080/documents/62651/fcc18005-6ec9-4ff7-ad70-ce13424eede0>
- Yasar, O.; Maliekal, J.; Little, L. J. y Jones, D. (2006). **A computational technology approach to education**. Computing in Science & Engineering, 8(3), 76-81.
- Yasar, O. y Landau, R. (2003). **Elements of computational Science and engineering Education**. Society for Industrial and Applied Mathematics. SIAM review, 45(4), 787-805. <https://doi.org/10.1137/S0036144502408075>



UNIVERSIDAD DISTRITAL
FRANCISCO JOSÉ DE CALDAS

Góndola, Enseñanza y Aprendizaje de las Ciencias

Número especial, v18, 2023.

11 Congreso Nacional de Enseñanza de la Física y la Astronomía



Resultado de Investigación

FORMACIÓN DE PROFESORES PARA LA ENSEÑANZA DE LA FÍSICA CUÁNTICA EN LA SECUNDARIA: NECESIDAD DE LA DEMOCRATIZACIÓN DEL CONOCIMIENTO CIENTÍFICO

FORMAÇÃO DE PROFESSORES PARA O ENSINO DE FÍSICA QUÂNTICA NO ENSINO MÉDIO: NECESSIDADE DE DEMOCRATIZAÇÃO DO CONHECIMENTO CIENTÍFICO.

TEACHER TRAINING FOR THE TEACHING OF QUANTUM PHYSICS IN HIGH SCHOOL: NEED FOR THE DEMOCRATIZATION OF SCIENTIFIC KNOWLEDGE

Andrés Cuéllar García * 

Cuéllar, A. (2023). Formación de profesores para la enseñanza de la física cuántica en la secundaria: necesidad de la democratización del conocimiento científico. *Góndola, Enseñanza y Aprendizaje de las Ciencias*, Número especial, v18, pp.1-15

Resumen

Teniendo en cuenta la enorme necesidad de generar procesos alfabetización científica en nuestro País, los cuales estén a la par con los descubrimientos y avances en el campo de la ciencia y la tecnología, se presenta una investigación Doctoral enfocada en la formación de profesores de ciencias naturales, para la enseñanza de la física cuántica en la educación media. Por ende, el objetivo está orientado al diseño, desarrollo y evaluación de un proceso de formación de docentes para la enseñanza y el aprendizaje de la naturaleza cuántica de la luz en el ciclo de la educación media, a través de la modelización como estrategia didáctica y el uso de las tecnologías de la información como herramientas cognitivas desde la perspectiva del Conocimiento Tecnológico y Pedagógico del Contenido. Además, en el marco de referencia se analizan conceptos orientadores tanto pedagógicos como disciplinares, entre ellos, el Conocimiento Tecnológico y Pedagógico de Contenido, los modelos científicos en la enseñanza de las ciencias, la modelización como estrategia didáctica para la enseñanza de las ciencias, las herramientas cognitivas. Asimismo, se presenta la metodología de investigación a través del estudio de caso como proceso de investigación – acción enfocada en la formación de profesores de ciencias, al igual que el contexto de los participantes de estudio. Finalmente, a través de esta investigación se logra evidenciar la necesidad de generar espacios educativos enfocados en los descubrimientos, avances y aplicaciones de la física cuántica, buscando propender la visualización de nuevas esferas del conocimiento que están a la vanguardia en el desarrollo social, cultural, histórico, tecnológico y

* Doctor (C) en Educación énfasis en Ciencias, Universidad del Valle. Docente de física y enseñanza de la física, Normal Superior Farallones de Cali, Universidad ICESI, Universidad del Tolima, Colombia, d.nsf.andres.cuellar@cali.edu.co – ORCID <https://orcid.org/0000-0002-4814-4578>



económico, permitiendo la formación de una sociedad crítica, conocedora de su entorno.

Palabras clave: Formación, profesores de física, física cuántica, naturaleza cuántica de la luz, alfabetización científica, modelización.

Resumo

Devido à enorme necessidade de gerar processos de alfabetização científica em nosso país, que estejam à altura das descobertas e avanços no campo da ciência e tecnologia, é apresentada, uma pesquisa de doutorado focada na formação de professores de ciências naturais, para o ensino de física quântica no ensino médio. Portanto o objetivo é orientado para o desenho, desenvolvimento e avaliação de um processo de formação de professores para o ensino e aprendizagem da natureza quântica da luz no ciclo do ensino secundário, por meio da modelagem como estratégia didática e do uso das tecnologias da informação como ferramentas cognitivas na perspectiva do conhecimento tecnológico e pedagógico do conteúdo. Além disso, no marco de referência, são analisados conceitos orientadores pedagógicos e disciplinares, entre eles, conhecimento do conteúdo tecnológico e pedagógico, modelos científicos no ensino de ciências, modelagem como estratégia didática para o ensino de ciências, ferramentas cognitivas. Da mesma forma, a metodologia da pesquisa é apresentada por meio do estudo de caso como um processo de pesquisa-ação voltado para a formação de professores de ciências, bem como o contexto dos participantes do estudo. Finalmente, por meio desta pesquisa é possível demonstrar a necessidade de gerar espaços educacionais voltados para as descobertas, avanços e aplicações da física quântica, buscando promover a visualização de novas esferas de conhecimento que estão na vanguarda no desenvolvimento social, cultural, histórico, tecnológico e econômico, permitindo a formação de uma sociedade crítica e consciente de seu ambiente.

Palavras chave: Formação, professores de física, física quântica, natureza quântica da luz, alfabetização científica, modelagem.

Abstract

Taking into account the enormous need to generate processes of scientific literacy in our country, which are on a par with the discoveries and advances in the field of science and technology, is presented, doctoral research focused on the training of natural science teachers, for the teaching of quantum physics in High school. Thus, the objective is oriented to the design, development and evaluation of a teacher training process for the teaching and learning of the quantum nature of light in the secondary education, through the modeling as a didactic strategy and the use of information technologies as cognitive tools from the perspective of technological and pedagogical content knowledge. In addition, in the reference framework, pedagogical and



UNIVERSIDAD DISTRITAL
FRANCISCO JOSÉ DE CALDAS

Góndola, Enseñanza y Aprendizaje de las Ciencias

Número especial, v18, 2023.

11 Congreso Nacional de Enseñanza de la Física y la Astronomía



Resultado de Investigación

disciplinary guiding concepts are analyzed, among them, technological and pedagogical content knowledge, scientific models in science teaching, modeling as a didactic strategy for science teaching, cognitive tools. Likewise, the research methodology is presented through the case study as an action research process focused on the training of science teachers, as well as the context of the study participants. Finally, through this research it is possible to demonstrate the need to generate educational spaces focused on the discoveries, advances and applications of quantum physics, seeking to promote the visualization of new spheres of knowledge that are at the vanguard in social, cultural, historical, technological and economic development, allowing the formation of a critical society, aware of its environment.

Keywords: Training, physics teachers, quantum physics, quantum nature of light, scientific literacy, modeling.

1. Introducción

Desde sus inicios, la física cuántica es considerada una de las teorías más exitosas en la ciencia moderna, permitiendo interpretar las propiedades del átomo, sus partes constituyentes, las propiedades de la radiación electromagnética y su interacción con la materia entre otros (Giraldo, 2017). Esto ha suscitado diversos cambios profundos desde la visión del mundo (Ching Ray, 2020), la cosmovisión científica y cultural de la sociedad, al igual que las posibles repercusiones en diferentes campos del saber (De la Torre, 2000; Fernández, 2014; Staderman, Van den Berg & Goedhart, 2019; Cuellar, 2021A).

Uno de estos cambios se ha evidenciado en las últimas dos décadas con las tecnologías basadas en las leyes de la física cuántica¹, que muestran un progreso exponencial en cuatro áreas de desarrollo (en mayor medida): la información y comunicación cuántica, la simulación cuántica, la computación cuántica, en la que se emplea efectos cuánticos y la detección cuántica y metrología (Cuellar, 2016; Acín et al, 2018, 2021B). Generando investigaciones, aplicaciones y descubrimientos que han concebido directa e indirectamente diferentes premios Nobel en Física², convirtiéndola en un importante

campo interdisciplinario de investigación aplicada³ (Acín et al, 2018; Jaeger, 2018, Cuellar, 2021B).

Tanto así que en algunos países se han desarrollado iniciativas referentes a procesos de alfabetización científica para fomentar las investigaciones y proyectos educativos enfocados en la enseñanza y el aprendizaje de la física cuántica en niveles anteriores al ciclo universitario incorporándola en muchos casos en sus currículos oficiales (Michelini et al, 2000; Müller & Wiesner, 2002; Olsen, 2002; Escalada, Rebello, & Zollman, 2004; Hoekzema et al, 2007; Lautesse et al, 2015 ; Stadermann, Van Den Berg, & Goedhart, 2019, entre otros) a través de diversas investigaciones que procuran superar los retos, desafíos y dificultades, que conllevan la enseñanza de la física cuántica en estos niveles educativos.

Lamentablemente en nuestro País no existe una incorporación de la enseñanza de la Física Cuántica en la Educación Media (Muñoz, Solbes y Zambrano, 2020). Esto se logra evidenciar tanto en los “Estándares Básicos de competencias en ciencias naturales” (MEN, 2004), como en “Los derechos básicos de aprendizaje de ciencias naturales (DBA)” (MEN, 2016), en los que el Ministerio de Educación Nacional (MEN) no enuncia de manera explícita posibles componentes para la enseñanza de la física cuántica (Solbes, Muñoz y Ramos, 2019).

por sus investigaciones relacionadas con las comunicaciones cuánticas a través del entrelazamiento cuántico.

3 La llamada “Segunda revolución Cuántica” (Jaeger, 2018).

¹ Conocidas como “tecnologías cuánticas – Q.T. (Quantum Technology)”, incluyen tecnologías que surgieron a mediados del siglo XX como son: el láser, los semiconductores, las imágenes clínicas, el transistor, el circuito integrado, entre otros (Krijtenburg-Lewerissa et al, 2017; Jaeger, 2018; Cuellar, 2016).

² El premio nobel del año 2022 se ha entregado a los Doctores Alain Aspect, John Clauser y Anton Zeilinger

Por ende, se puede considerar que la enseñanza de la física en la educación Media Colombiana sigue enfocada en las problemáticas de la física clásica (anteriores al siglo XX).

Como resultado existe la necesidad urgente de generar procesos investigativos referentes a la formación de profesores de ciencias en la enseñanza de la física cuántica, de esta manera se podrían realizar propuestas significativas de modificaciones al currículo de ciencias naturales (física) en los documentos oficiales del MEN integrando tópicos de física cuántica, lo que aportaría significativamente a una mayor alfabetización científica en nuestra sociedad.

Uno de los factores clave para subsanar la anterior situación, está enfocada en la formación inicial de los profesores de ciencias en tópicos o problemas referentes a la enseñanza de la física cuántica en la educación media, debido a que en estos espacios se construyen las bases conceptuales y teóricas, que se verán reflejadas en el aula de clase (Polanco, 2018). Es así que a través de una investigación doctoral⁴ se ha enfocado en el diseño, desarrollo y evaluación de un proceso de formación de docentes para la enseñanza y el aprendizaje de la naturaleza cuántica de la luz en el ciclo de la educación media a través de la modelización como estrategia didáctica y el uso de las

tecnologías de la información como herramientas cognitivas desde la perspectiva del CTPC⁵.

2. Marco de Referencia

2.1. Las TIC como herramientas cognitivas.

Para esta formación inicial de profesores referente a la enseñanza de la física cuántica en la educación media se contó con los recursos Tecnológicos de la Información y Comunicación (TIC), teniendo en cuenta que en el desarrollo de estas alfabetizaciones científicas enfocadas en procesos de formación, las TIC podrían potenciar los procesos de razonamiento y acciones inteligentes llevadas a cabo por estudiantes y profesores en formación con el fin de desarrollar la solución más apropiada a una problemática específica dentro de un contexto de negociación de significados y formas de significar, por ende las TIC tendrían la capacidad de generar procesos cognitivos en los sujetos a través de la velocidad, el dinamismo, la interacción y la precisión en el procesamiento de la información y las representaciones que en ellas se producen (Candela, 2020).

En las situaciones atípicas generadas por la pandemia del virus COVID-19, las TIC se convirtieron en el canal que facilitó⁶

⁴ El CTPC del profesor de ciencias naturales en formación inicial y su desarrollo acerca de la naturaleza cuántica de la luz mediante la modelación en la enseñanza de las ciencias. Doctorado Interinstitucional en Educación énfasis en Ciencias - física. Universidad del Valle.

⁵ El Conocimiento Tecnológico y Pedagógico del Contenido (Koehler y Mishra, 2008; Mishra y Koehler, 2006).

⁶ En la medida de lo posible, teniendo en cuenta que en muchas regiones de nuestro país, no se cuenta ni con la infraestructura ni con los recursos Tecnológicos.



UNIVERSIDAD DISTRITAL
FRANCISCO JOSÉ DE CALDAS

Góndola, Enseñanza y Aprendizaje de las Ciencias

Número especial, v18, 2023.

11 Congreso Nacional de Enseñanza de la Física y la Astronomía



Resultado de Investigación

las diversas interacciones entre profesores y estudiantes. Es por ello, que el uso de estas herramientas las cuales, en muchas ocasiones fueron infrutilizadas e infravaloradas en el proceso educativo, se convirtieron en la principal “herramienta didáctica” que permitió que tanto profesores, acudientes, y estudiantes se pudieran acoplar a este entorno de comunicación e interacción, las cuales empleándose con el fin de generar aprendizajes significativos, tienen el potencial de alcanzar los más diversos niveles de educación y áreas de conocimiento (Matos et al., 2019).

Es por ello que las TIC en este proceso de formación, se utilizaron como formas de representación del pensamiento, más cercanas al lenguaje y por tanto ligadas a la forma del pensamiento (Maldonado & Serrano, 2008). Siendo herramientas de pensamiento y aprendizaje que potencian la construcción del conocimiento tanto a nivel individual como social. Desde este enfoque los estudiantes toman el papel de “diseñadores” y las TIC como “herramientas cognitivas⁷” las cuales permiten la interpretación y organización del conocimiento desde un contexto sociocultural (Candela, 2020), es así que se genera el aprendizaje “con” la tecnología mientras desarrollan las diferentes actividades planteadas en el aula (Oppenheimer, 1997).

⁷ Gros afirma que la tecnología tiene sentido para mejorar el aprendizaje siempre y cuando se parta de una perspectiva constructivista a través de experiencias basadas en la interacción social, la participación activa y los entornos complejos. (Gros, 2013)

Las herramientas cognitivas combinan las diferentes formas de razonamiento que sustentan el desempeño en un contexto determinado, así como en el contexto educativo, permiten que los estudiantes diseñen de forma consciente diversas estrategias cognitivas, con el fin de dar una solución a los problemas planteados en el aula o en este caso, dar solución a diversas actividades educativas científicas⁸ (Candela, 2016; Candela, 2020).

2.2. El conocimiento tecnológico y pedagógico del contenido CTPC.

Igualmente, este espacio de formación de profesores se desarrolló dentro de un marco conceptual y metodológico el cual permitió integrar las TIC como herramientas cognitivas con una propuesta pedagógica, y un contenido o eje temático a trabajar, usándose el CTPC para este proceso.

El CTPC (Conocimiento Tecnológico y Pedagógico del Contenido) propuesto por Mishra y Koehler en 2006, toma como referencia la conceptualización del Conocimiento Pedagógico del contenido (CPC) o PCK (Pedagogical content knowledge) propuesto por Shulman en 1986⁹, articulándola con las técnicas

⁸ “Actividades que ponen en juego las pautas de razonamiento e inferencia que los científicos realizan en sus investigaciones, pero en situaciones adaptadas y simplificadas para hacer viable su realización en las condiciones normales del aula” (Uribe & Solarte, 2017).

⁹ El cual es considerado como un constructo o marco conceptual y metodológico, el cual articula de manera coherente un conjunto de elementos de la enseñanza, con el fin de mediar el aprendizaje de

pedagógicas que usan las tecnologías en formas constructivas para la enseñanza de un contenido en particular (Mishra & Koehler, 2006; Candela, 2020); siendo un marco conceptual permitiendo que los profesores en formación generen procesos de diseño y construcción, enfocadas en propuestas pedagógicas, por lo que las tecnologías se convierten en un complemento fundamental para la construcción y potencialización de conocimientos, habilidades y destrezas en sus futuros estudiantes (Polanco, 2018).

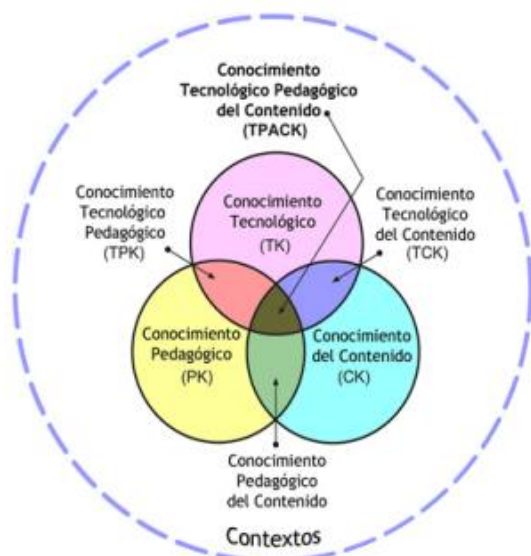


Figura 1. Modelo CTPC, adaptado de Mishra y Koehler

Fuente: Koehler y Mishra, 2008

El CTPC está orientado a comprender el rol de las herramientas tecnológicas en el sistema educativo, las habilidades que requieren los profesores en el uso de las TIC y la relación de las

unos sujetos dentro de un contexto particular (Shulman, 1986; Candela, 2020)

tecnologías con el conocimiento pedagógico y el conocimiento de la disciplina o del contenido, al igual que todos los constructos que emergen de él (Lenin, Morán, & Albán, 2017), permitiendo unificar la relación del conocimiento tecnológico con el conocimiento pedagógico y del contenido, al proporcionar una guía para la integración de la tecnología de una forma apropiada en la práctica pedagógica (Koehler y Mishra, 2008; Mishra y Koehler, 2006).

2.3. La modelización como estrategia de enseñanza de las ciencias naturales.

Por otro lado, la modelización como estrategia de enseñanza ha tomado un papel protagonista en cuanto a la reflexión, el trabajo y la investigación de los pedagogos en la enseñanza y aprendizaje de las ciencias (Izquierdo, 2004; Justi, 2006). Esta estrategia de enseñanza valora el papel de los modelos como uno de los ejes centrales del pensamiento científico y la modelización como una de las principales actividades de la ciencia en la construcción del conocimiento (Giere, 1988; Justi & Gilbert, 2002; Izquierdo, 2004; Zuluaga, 2017), lo que conlleva a reflexionar acerca de su importancia en la aproximación al proceso de construcción, transformación y comunicación del conocimiento científico de parte de los estudiantes o en este caso, de los profesores en formación (Chamizo & Franco, 2010; Zuluaga, 2017). Aunque se esperaría que esta estrategia de enseñanza sea reconocida e implementada en los procesos de formación, se ha evidenciado



poco conocimiento de parte de los profesores en cuanto a la importancia de los procesos de modelización en el salón de clases (Van Driel, Verloop & De Vos, 1998; Justi & Gilbert, 2002, Zuluaga, 2017).

Por ende, se utilizó la modelización como estrategia de enseñanza en el espacio de formación mencionado anteriormente, convirtiéndose en el conocimiento pedagógico del marco conceptual, permitiendo contemplar diferentes propósitos que se relacionaron con la intencionalidad propia de la práctica educativa, lo que permitió la comprensión de los fenómenos de la naturaleza desde la organización de los saberes integrados en contextos reales a través de procesos de modelización superando la axiomatización y las aplicaciones de carácter pragmático que se generan en un proceso transmisivo tradicional y conductista (Adúriz-Bravo & Izquierdo, 2009; Adúriz-Bravo, 2010; Tuay & Céspedes, 2018).

2.4. La naturaleza cuántica de la luz.

Aunque existen varias propuestas referentes a las problemáticas o contenidos que se podrían abordar en los espacios de formación para la enseñanza de la física cuántica en la educación media (Staderman et al., 2019; Méndez, 2020), en este caso se decidió enfocar en un fenómeno físico cuyo descubrimiento y su relevancia histórica, permitió dar inicio a la física cuántica: la naturaleza cuántica de la luz (Cuellar, 2016; Acín et al, 2018, Cuellar, 2021B).

A finales del siglo XIX, la discusión acerca de interpretación de la naturaleza de la luz parecía haber terminado. La síntesis de

James Clerk Maxwell de los fenómenos eléctricos, magnéticos y ópticos y el descubrimiento por Heinrich Hertz de las ondas electromagnéticas fueron “triumfos” tanto a nivel teórico como experimental. Junto con el estudio de la mecánica y la termodinámica, el electromagnetismo de Maxwell tomó su lugar como un elemento fundamental de la física, sin embargo, justo cuando todo parecía “arreglado”, a inicios del siguiente siglo se generó un período de cambio revolucionario.

Una nueva interpretación de la emisión de luz por objetos calentados y nuevos métodos experimentales que abrieron el mundo atómico para el estudio condujeron a una desviación radical de las teorías clásicas de Newton y Maxwell: nació la mecánica cuántica: una vez más se reabrió el asunto referente a la naturaleza de la luz (Britannica, 2021; Salvat, 1973, Staderman et al., 2019). Precisamente la tecnología láser, las pantallas de televisión, las comunicaciones satélites, entre otros...son muchos los inventos que no hubieran sido posibles sin el conocimiento impartido a través del postulado de que la luz está formada por pequeñas partículas, conocidas como fotones, las cuales tienen la capacidad de mostrar propiedades ondulatorias, es decir la dualidad entre el carácter corpuscular y el carácter ondulatorio de la luz (y de la materia), por lo que el estudio la naturaleza cuántica de la luz no solo transformó el dominio de la física cuántica, sino que también influyó significativamente en otros campos de la ciencia y la tecnología. (Brahmbhatt, 2021; Salvat, 1973; Cala & Eslava, 2011; Staderman et al., 2019).

Por esta razón, se propuso desarrollar el fenómeno correspondiente a la naturaleza cuántica de la luz en el proceso de formación planteado como el conocimiento del contenido o de la disciplina trabajado dentro del marco conceptual del CTPC.

3. Metodología de investigación

En la investigación Doctoral se implementó el enfoque de investigación cualitativa, la cual en los últimos años ha impactado de manera importante en la enseñanza de las ciencias, permitiendo superar la tradición experimentalista de tipo cuantitativo, lo que ha posibilitado nuevas interpretaciones, entendimientos y aspectos más “holísticos”, propios del contexto educativo (Gutiérrez, 2000; Zuluaga, 2017). Para ello se aplicó un estudio de caso, el cual se caracteriza por ser un tipo de investigación cuyo objeto de estudio¹⁰ es analizado en contextos reales a profundidad.

El estudio de caso como método de investigación, ha sido usado por diferentes investigadores y pedagogos de las ciencias naturales, quienes han caracterizado el desarrollo del CTPC de profesores en formación y en ejercicio, permitiendo en muchos casos la comprensión del ¿cómo? y del ¿por qué? se desarrollan los conocimientos y concepciones de los profesores en el salón de clases, las secuencias de enseñanza, aprendizaje y evaluación, y la integración de herramientas tecnológicas sobre los contenidos a enseñar

¹⁰ En este caso, un grupo de profesores de ciencias naturales (física) en formación y un grupo de estudiantes que cursan, último año de formación en la educación media vocacional.

(Maeng et al., 2013; Urban, 2012; Niess, 2005, Mishra & Koehler, 2006; Polanco, 2018).

Por ende, siendo una forma de investigación autorreflexiva por parte de los participantes en situaciones de formación educativa, se pudo realizar un estudio de caso a través de un proceso de investigación – acción (Moreira, 2002; Zuluaga, 2017). Por consiguiente, se realizó un estudio de caso en el cual se buscó desarrollar el CTPC de un grupo de profesores de ciencias naturales (física) en formación inicial relacionado con la naturaleza cuántica de la luz, mediante la modelización en la enseñanza de las ciencias como estrategia didáctica, a través de un proceso de investigación – acción.

3.1. Contexto de los participantes de estudio.

Los participantes que hicieron parte del proceso de formación, pertenecieron al programa de Licenciatura en ciencias naturales de la Universidad ICESI¹¹, quienes para el momento en el cual se desarrolló la formación, estaban cursando los últimos dos semestres del respectivo programa (IX semestre), propiamente en el el curso enfocado en la elaboración y ejecución del proyecto del grado, través de la dirección de tesis, usando el espacio del “Laboratorio de experimentación pedagógica” de la Universidad ICESI, así como a través de algunos encuentros virtuales.

¹¹ Universidad privada con acreditación de alta calidad, ubicada en la ciudad de Santiago de Cali.

La tesis de los participantes del estudio, estuvo enfocada en el diseño e implementación de una unidad didáctica a partir de la reflexión de los modelos de la naturaleza cuántica de la luz desde la perspectiva de la modelización como estrategia didáctica de enseñanza.

Esta unidad didáctica fue implementada con un grupo de estudiantes de grado once, pertenecientes a una Institución Educativa Oficial de la ciudad de Cali, de forma presencial a través de cinco sesiones usando algunos recursos educativos propios del contexto de una institución educativa oficial: tablero, videobeam, uso de celulares, y el acceso a la unidad didáctica desarrollada de forma virtual.

Con el fin de poder cumplir el objetivo de la investigación mencionada, se plantearon y desarrollaron cinco etapas: (1) análisis del CTPC de los participantes del estudio, (2) el Diseño del proceso de formación, (3) desarrollo de la unidad didáctica con los participantes del estudio, (4) implementación de la unidad didáctica en el salón de clases y (5) evaluación del desarrollo del CTPC de los participantes del estudio.

3.1. Métodos de recolección de datos y análisis.

Con el ánimo de poder recolectar la información en las etapas de formación, desarrollo e implementación y su respectiva evaluación, se utilizaron una serie de instrumentos, que pretendían “capturar” y retratar la complejidad del desarrollo del CTPC de los profesores de ciencias en formación inicial acerca de la naturaleza

cuántica de la luz mediante la modelización en la enseñanza de las ciencias:

- El Instrumento metodológico de la representación del contenido (ReCo): inicialmente elaborado por Loughran y otros autores (Loughran, et al., 2000), es un cuestionario que consta de un conjunto de ocho preguntas llamadas "Base de la entrevista", las cuales permiten reconocer o “capturar” el Conocimiento Pedagógico del Contenido CTC referente a una serie de conocimientos específicos, proporcionando información pertinente para la toma de decisiones de un proceso de formación y desarrollo (Loughran, Mulhall & Berry, 2004).

- El Repertorio de experiencias Profesionales y Pedagógicas PaP-eRs: Otro instrumento que permite identificar el conocimiento y la práctica del docente en un proceso formativo o de implementación, mientras enseña un eje temático, concepto o problemática en específico, es el repertorio de experiencias profesionales y pedagógicas conocido como PaP-eRs (Loughran et al., 2000; Candela, 2020). Son relatos narrativos que permiten evidenciar el CTPC del profesor de ciencias, al desarrollar y evidenciar los elementos propios de cada uno de los conocimientos desarrollados, en este caso, en la fase de formación (conocimiento tecnológico, pedagógico y del contenido) (Loughran et al., 2000; Candela, 2018, 2020; Zuluaga, 2017).

- El Análisis textual discursivo: Es una estrategia metodológica adoptada para el análisis de diferentes datos en un proceso investigativo cualitativo (Moraes & Galiazzi,



2006, 2011; Zuluaga, 2017). Esta técnica ideada por Moraes y Galiuzzi (2006) analiza datos cualitativos entre dos formas de análisis en la investigación cualitativa, las cuales son el análisis del contenido y análisis del discurso.

4. Resultados

Dada la investigación Doctoral enfocada en el desarrollo del conocimiento tecnológico y pedagógico del contenido (CTPC) de un grupo de profesores de ciencias naturales en formación inicial relacionado con la naturaleza cuántica de la luz, a través la modelización en la enseñanza de las ciencias como estrategia didáctica, se pueden mencionar las siguientes conclusiones:

- Aunque en varios países se implementa la enseñanza de la física cuántica dentro del currículo desde niveles anteriores a la educación superior, en nuestro país no se hace explícito, por lo cual es necesario generar procesos investigativos que conlleven a discusiones, análisis y futuras incorporaciones de estas problemáticas.

- En los pocos textos de ciencias que presentan la física cuántica a nivel de la educación media, se destaca la ausencia de un análisis histórico, epistemológico de las problemáticas científicas alrededor de los fenómenos naturales que subyacen en esta física.

- En los programas de Licenciatura en ciencias naturales de nuestro país, existen pocos espacios de formación en la enseñanza

de la física cuántica, por lo que se deben establecer estos espacios a través de electivas profesionales, seminarios, coloquios, etc. Contrario a las grandes posibilidades de formación que se evidencian en los programas de Licenciatura en física.

- Estructurar la enseñanza de la ciencia alrededor de los modelos teóricos, permite recrear en el aula un saber disciplinar posibilitando que los sujetos comprendan el “funcionamiento del mundo natural”, para ello los aportes desde la perspectiva histórica y epistemológica son fundamentales para dicha comprensión del concepto o problema específico (Adúriz – Bravo, 2018).

- Las investigaciones enfocadas en la formación de profesores frente a la enseñanza de la física cuántica, podrán generar la inclusión de la física cuántica en el currículo educativo, buscando que el conocimiento desarrollado en el salón de clases de ciencias naturales – física, procure estar a la par de los avances científicos y tecnológicos contemporáneos, procurando la formación de un estudiante crítico y conocedor de su entorno.

- El 100% de los participantes del proceso investigativo, continuaron con sus estudios pos graduales relacionados con la formación de profesores de ciencias naturales relacionados con estudios de la física moderna y contemporánea.

- El 80% de los estudiantes de la Institución Educativa, pudo lograr la comprensión de los fenómenos naturales



presentados en la unidad didáctica para la enseñanza de la naturaleza cuántica de la luz, según las rubricas y los métodos evaluativos.

- El acercamiento a la física cuántica a través de procesos fenomenológicos es un camino pertinente a seguir dentro de propuestas de investigación en la enseñanza de la física cuántica en el ciclo medio educativo.

-Los estudiantes logran una visión orgánica del esquema de la física cuántica a nivel teórico y experimental a partir de los estudios de los fenómenos que subyacen en este campo científico, y no desde el proceso formal, axiomático y teórico que comúnmente se imparte en los cursos de física cuántica y/o mecánica cuántica a nivel universitario.

5. Conclusiones y/o consideraciones finales

El marco conceptual y metodológico del Conocimiento Tecnológico y Pedagógico de Contenido (CTPC), y la modelación como estrategia didáctica para la enseñanza de las ciencias, permitieron los espacios de formación de profesores de ciencias naturales – física, acordes al actual contexto educativo, al uso efectivo de las TIC como herramientas cognitivas en los procesos educativos, la aproximación del proceso de construcción, transformación y comunicación del conocimiento científico.

A su vez, se logra evidenciar una enorme necesidad de generar espacios de alfabetización científica en la educación

secundaria y media referente a los descubrimientos, avances y aplicaciones de la física moderna, propiamente de la física cuántica.

Es así que la educación secundaria y media, deben propender por permitir la visualización de nuevas esferas del conocimiento que están a la vanguardia en el desarrollo social, cultural, histórico, tecnológico y económico, permitiendo la formación de una sociedad crítica, conocedora de su entorno, de las implicaciones que se generan a medida que se avanza los descubrimientos científicos, como tecnológicos.

6. Referencias

- Acín, A. et al. (2018). The quantum technologies roadmap: a European community view. *New Journal of Physics*. The open access journal at the Forefront of physics.
- Adúriz-Bravo, A. & Izquierdo, M. (2009). Un modelo de modelo científico para la enseñanza de las ciencias naturales *Revista Electrónica de Investigación en Educación en Ciencias*, vol. 4, núm. 1, febrero, 2009. Argentina.
- Adúriz-Bravo, A. (2010). *Concepto de modelo científico: Una mirada epistemológica de su evolución*.
- Angeli, C., & Valanides, N. (2008). TPCCK in pre-service teacher education: Preparing primary education students to teach with technology. Paper presented at the Annual Meeting of the American Educational Research Association. 2008.
- Brahambhatt, R. (2021). *How Albert Einstein's Quantum Theory of Light Transformed Physics: Never underestimate the power of light*.



UNIVERSIDAD DISTRITAL
FRANCISCO JOSÉ DE CALDAS

Góndola, Enseñanza y Aprendizaje de las Ciencias

Número especial, v18, 2023.

11 Congreso Nacional de Enseñanza de la Física y la Astronomía



Resultado de Investigación

- Britannica. (2021). *Article: light in physics. Quantum theory of light*. Encyclopaedia Britannica Group, Inc.
- Cala, F. & Eslava, E. (2011). *Mecánica cuántica: sobre su interpretación, historia y filosofía*. Universidad Jorge Tadeo Lozano. Departamento de Ciencias Básicas. Bogotá D.C. Colombia.
- Candela, B. (2016). *La ciencia del diseño educativo*. Programa Editorial: Universidad del Valle. Colombia.
- Candela, B. (2017). Adaptación del instrumento metodológico de la representación del contenido (ReCo) al marco teórico del CTPC. *Revista Góndola, Enseñanza y Aprendizaje de las Ciencias*. ISSN: 2346-4712. Vol. 12, No. 2. pp 158-172. Universidad Distrital Francisco José de Caldas. Colombia.
- Candela, B. (2018). Desarrollo del conocimiento tecnológico y pedagógico del Contenido de la química, de profesores en formación a través de la reflexión de los papers y videos. *Revista Góndola, Enseñanza y Aprendizaje de las Ciencias*. ISSN: 2346-4712. Vol. 13, No. 1. pp 101-119. Universidad Distrital Francisco José de Caldas. Colombia.
- Candela, B. (2020). *Integrando las TIC a la escuela de la sociedad del conocimiento. Formación y desarrollo profesional docente*. Programa editorial Universidad del Valle. Colombia.
- Chamizo, J. & Franco, A. (2010). *Modelos y modelaje en la enseñanza de las ciencias naturales*. Universidad Nacional Autónoma de México.
- Ching-Ray, C, et al. (2020). *The Second Quantum Revolution with Quantum Computers*. February 2020 vol. 30 no. 1.
- Cuellar, A. (2016). *Informática Cuántica: Un acercamiento a sus métodos, desarrollos y aplicaciones*. Maestría en Informática. USC. Colombia.
- Cuellar, A. (2021A). *Enseñanza de la Física Cuántica en la Educación Media. Proyecto de investigación para el avance de la alfabetización científica en Colombia*. *Revista Caja de Herramientas*. Universidad del Valle
- Cuellar, A. (2021B). *Informática Cuántica: Un acercamiento a sus métodos, desarrollos y aplicaciones*. *Revista Caja de Herramientas 2*. Universidad del Valle.
- De la Torre, A. C. (2000). *Física cuántica para filósofos*. México: Fondo de Cultura Económica.
- Escalada, L., Rebello, N. & Zollman, D. (2004). Student explorations of quantum effects in LEDs and luminescent devices, *Phys. Teach.* 42, 173.
- Fernández, P. (2014). *Teorías y modelos en la enseñanza -aprendizaje de la Física Moderna*. Universidad Nacional de Córdoba. Facultad de Matemática, Astronomía y Física. Argentina.
- Giraldo, Y. (2017) *La Fascinación de la Mecánica Cuántica*. In: *Ciclo de Conferencias Encuentro con la Ciencia*. Universidad de Nariño. Colombia.
- Gros, B. (2013). La educación más allá de la escuela: del espacio-lugar al espacio- nodo. En Rodríguez Illera, J. L. (Comp.) (2013). *Aprendizaje y educación en la sociedad digital*. Barcelona.
- Gutiérrez, J. (2000). *Fundamentos pedagógicos y didácticos*. En: Palacios, F. J. P.; Cañal De Leon.
- Hoekzema, D., et al. (2007). The particle/wave-in-a-box model in Dutch secondary schools, *Phys.*
- Izquierdo, M. (2004). Un nuevo enfoque de la enseñanza de la Química: contextualizar y modelizar.
- Jaeger, L. (2018). *The Second Quantum Revolution. From Entanglement to Quantum Computing and Other Super-Technologies*. Springer Nature Switzerland.
- Justi, R. & Gilbert, J. (2002). Modelling, teachers' views on the nature of modelling, and implications for the education of modellers. *International Journal of Science Education*, n. 24.
- Justi, R. (2006). La enseñanza de ciencias basada en la elaboración de modelos. *Enseñanza de las Ciencias*, v. 2, n. 24.



UNIVERSIDAD DISTRITAL
FRANCISCO JOSÉ DE CALDAS

Góndola, Enseñanza y Aprendizaje de las Ciencias

Número especial, v18, 2023.

11 Congreso Nacional de Enseñanza de la Física y la Astronomía



Resultado de Investigación

- Koehler, J., & Mishra, P. (2008). Introducing technological pedagogical content knowledge. In *AACTE Committee on Innovation and Technology* (Ed.), *Handbook of technological pedagogical content knowledge (TPCK) for educators* (pp. 3-29). New York: Routledge.
- Koehler, J., Shin, S., y Mishra, P. (2011). How do we measure CTPC? Let me count the ways. In R. N. Ronau, C. R. Rakes, & M. L. Niess (Eds.), *Educational technology, teacher knowledge, and classroom impact: A research handbook on frameworks and approaches*.
- Lautesse, P. et al. (2015). Teaching Quantum Physics in Upper Secondary School in France: ‘Quanton’ Versus ‘Wave-Particle’ Duality, Two Approaches of the Problem of Reference. Article in *Science & Education*.
- Lenin, F., Morán, F. & Albán, J. (2017). Formación del docente y su adaptación al modelo TPACK. *Revista Ciencias Pedagógicas e Innovación. Ecuador*.
- Loughran, J. et al. (2004). In search of pedagogical content knowledge in science: developing ways of articulating and documenting professional practice. *Journal of Research in Science Teaching*, v. 41, n. 4, p. 370-391.
- Loughran, J. et al. (2014). Science cases in action: developing an understanding of science teachers’ pedagogical content knowledge. In: *annual meeting of the national association for research in science teaching*.
- Maeng, J. et al. (2013). Preservice Teachers CTPC: Using Technology to support Inquiry instruction. *Journal of science Education and Technology*.
- Maldonado L. & Serrano, E. (2008). Construcción de una red de aprendizaje. *Nomadas*, pp. 211-222.
- Matos, J. et al. (2019). Aprendizagem Significativa por meio do Uso de TICs: Levantamento das Produções da Área de Ensino de 2016 a 2018. *RENTE-Revista Novas Tecnologias na Educação*, 17(1).
- MEN. (2004). *Estándares Básicos de Competencias en Ciencias Naturales*. Proyecto Ministerio de Educación Nacional - Ascofade. Colombia.
- MEN. (2016). *Derechos Básicos de Aprendizaje. VI. Ciencias Naturales*. Colombia.
- Méndez, N. (2020). *Dificultades de aprendizaje de estudiantes de licenciatura en física al abordar el estudio del experimento de la doble rendija con electrones*. Doctorado Interinstitucional en Educación. Santafé de Bogotá. Colombia.
- Michellini, M., et al. (2000). Proposal for quantum physics in secondary school, *Phys. Educ.* 35, 406.
- Mishra, p. & Koehler, M. (2006). Technological pedagogical content knowledge: A framework for teacher knowledge. *Teacher college record*.
- Moraes, R. & Galiuzzi, M. (2006). Análise Textual Discursiva: processo constitutivo de múltiplas faces. *Ciência & Educação*, São Paulo.
- Moreira, M. (1996) Modelos mentais. *Investigações em Ensino de Ciências*.
- Müller, R. & Wiesner, H. (2002). Teaching quantum mechanics on an introductory level, *Am. J. Phys.*
- Muñoz-Burbano, Z., Solbes, J., y Ramos, G. (2020). Análisis de la enseñanza de conceptos cuánticos en la unidad de “Estructura atómica de la materia” en libros de texto. *Praxis & Saber*.
- Niess, M., Van, E., y Gillow, H. (2010). Knowledge Grow in Teaching Mathematics/Science with spreadsheets. *Journal of digital Learning in Teacher Education*.
- Olsen, R. (2002). Introducing quantum mechanics in the upper secondary school: a study in Norway. *International Journal of Science Education*.
- Oppenheimer, T. (1997). The Computer Delusion. *The Atlantic Monthly*.
- Polanco, C. (2018). *Desarrollo del CTPC de una profesora de ciencias naturales en formación inicial desde una propuesta pedagógica basada en la construcción de una Webquest sobre las aguas subterráneas*. Universidad del Valle. Santiago de Cali. Colombia.



UNIVERSIDAD DISTRITAL
FRANCISCO JOSÉ DE CALDAS

Góndola, Enseñanza y Aprendizaje de las Ciencias

Número especial, v18, 2023.

11 Congreso Nacional de Enseñanza de la Física y la Astronomía



Resultado de Investigación

- Salvat, M. (1973). *La nueva física*. Biblioteca Salvat de grandes temas. España.
- Shulman, L. (1986). Those who understand: Knowledge growth in teaching. *Educational Researcher*, 15 (2), 4-14.
- Solbes, J., Muñoz, Z. y Ramos, G. (2019). Enseñanza de la estructura atómica de la materia en Colombia. *Rev. His. Educ. Colomb.*
- Staderman H. K. E., van den Berg, E. & Goedhart, M. J. (2019). *Analysis of secondary school quantum physics curricula of 15 different countries*.
- Tuay, R. & Céspedes, N. (2018). Modelización en mecánica cuántica desde la contextualización. *Revista Tecné, Episteme y Didaxis*.
- Urban, H. (2012). *Integrating technology into pre-service Physics teachers' pedagogical content Knowledge*. University of Vienna
- Uribe, C. & Solarte, C. (2017). *Educación mentes para pensar. Desarrollo del pensamiento científico en el aula*. Programa editorial: Universidad del Valle. Colombia.
- Van Driel, J., Verloop, N. & De Vos, W. (1998). Developing science teachers' pedagogical content knowledge. *Journal of Research in Science Teaching*.
- Zuluaga, C. (2017). *O conhecimento pedagógico do conteúdo (PCK) do professor de química e seu desenvolvimento a partir da reflexão sobre os modelos de ligação química e sua modelagem*. Tese de Doutorado.. Universidade Estadual Paulista. Brazil.

PAPEL DE LA PRÁCTICA PEDAGÓGICA EN LA FORMACIÓN INICIAL DE LICENCIADOS EN FÍSICA: UN ESTUDIO INTERPRETATIVO DESDE SUS REFLEXIONES

ROLE OF TEACHING PRACTICE IN THE INITIAL TRAINING OF PHYSICS GRADUATES: AN INTERPRETIVE STUDY FROM THEIR REFLECTIONS

PAPEL DA PRÁTICA DOCENTE NA FORMAÇÃO INICIAL DE GRADUADOS DE FÍSICA: UM ESTUDO INTERPRETATIVO A PARTIR DE SUAS REFLEXÕES

Diana Carolina Castro Castillo *^{ID}, **Ronal Enrique Callejas Arévalo** **^{ID}
Sandra Milena Téllez Rico ***^{ID}

Castro, D.C.; Callejas, R. E.; Téllez, S. M. (2023). Papel de la práctica pedagógica en la formación inicial de licenciados en física: Un estudio interpretativo desde sus reflexiones. *Góndola, Enseñanza y Aprendizaje de las Ciencias*, Número especial, v18, pp.1-15

Resumen

En el programa curricular de la Licenciatura en Física de la Universidad Pedagógica Nacional, se han emprendido acciones para sistematizar la práctica pedagógica que realizan sus estudiantes en los diferentes escenarios, con el fin de fortalecer dicha formación desde la reflexión, interpretación y comprensión del quehacer docente. En ese orden, se realiza el análisis de los informes de práctica pedagógica que presentan los estudiantes al finalizar su semestre académico, donde se sintetiza la reflexión que surge del proceso de inmersión. Entre los hallazgos se evidencia que los procesos de práctica giran alrededor de los siguientes ejes: 1) la importancia de reconocer los documentos en los que se sustenta la acción educativa en la institución. 2) El desarrollo de actividades que propician la enseñanza y aprendizaje de la disciplina y 3) Aspectos que tienen impacto directamente en la formación del licenciado en Física. En cuanto al primer elemento, se observa que se asume como una "tarea" que se tiene que cumplir de manera "obligatoria" en los procesos de intervención, sin embargo, llama la atención que esta revisión no trasciende en el discurso de los estudiantes. Es oportuno, en los seminarios y encuentros con maestros tutores, enseñar a reflexionar sobre lo que implica el currículo, no solo, lo descrito en los documentos oficiales, sino de las dinámicas propias de

* Doctora en Educación, Universidad Pedagógica Nacional, Colombia, dcastro@pedagogica.edu.co, <https://orcid.org/0000-0001-5590-7185>

** Estudiante Doctorado Interinstitucional en Educación, Universidad Pedagógica Nacional, recallejasa@pedagogica.edu.co, <https://orcid.org/0000-0002-7130-1566>

*** Doctora en Sociología, Universidad Pedagógica Nacional, Colombia, smtellezr@pedagogica.edu.co, <https://orcid.org/0000-0001-6913-2800>

la escuela (el currículo oficial, el oculto, el operacional, entre otros). En el segundo, se reitera la importancia de la interacción con los estudiantes de la educación básica y media, como posibilidad de desarrollo de habilidades en el maestro y finalmente, en el tercer aspecto, se considera que el ejercicio de la labor posibilita identificar vacíos conceptuales, establecer acciones para superarlos, aprender a construir guías y potenciar su ejercicio comunicativo y en general el manejo de grupos.

Palabras clave: práctica pedagógica, formación inicial, licenciado en física.

Abstract

In the curricular program of Licenciatura en Física of the Universidad Pedagógica Nacional, actions have been started to systematize the pedagogical practice carried out by its students in the different school contexts, to strengthen said training from the reflection, interpretation and understanding of the teaching task. The analysis of the pedagogical practice reports presented by the students at the end of their academic semester is carried out, where the reflection that arises from the immersion process is synthesized. Among the findings, it is evident that the practice processes revolve around the following topics: 1) the importance of recognizing the documents on which the educational action in the institution is based. 2) The development of activities that promote the teaching and learning of the physics and 3) Aspects that have a direct impact on the training of the physics teachers. Regarding the first element, it is observed that it is assumed as a "task" that must be fulfilled in a "compulsory" manner in the intervention processes, however, it is striking that this review does not transcend the discourse of the students. It is opportune, in the seminars and meetings with tutor teachers, to teach to reflect on what the curriculum implies, not only what is described in the official documents, but also the dynamics of the school (the official curriculum, the hidden one, the operational, among others). In the second, the importance of interaction with students of basic and secondary education is reiterated, as a possibility of developing skills in the teacher and finally, in the third aspect, it is considered that the exercise of the work makes it possible to identify conceptual gaps, establish actions to overcome them, learn to build guides and enhance their communicative exercise and group management in general.

Keywords: pedagogical practice, initial training, degree in physics.

Resumo

No programa curricular do Curso de Licenciatura em Física da Universidade Pedagógica Nacional, têm vindo a ser desenvolvidas ações para sistematizar a prática pedagógica desenvolvida pelos seus alunos nos diferentes cenários, de

forma a fortalecer essa formação a partir da reflexão, interpretação e compreensão da tarefa docente. Nessa ordem, é realizada a análise dos relatórios de prática pedagógica apresentados pelos alunos ao final do semestre letivo, onde se sintetiza a reflexão que surge do processo de imersão. Dentre os achados, evidencia-se que os processos de prática giram em torno dos seguintes eixos: 1) a importância de reconhecer os documentos nos quais se baseia a ação educativa na instituição. 2) O desenvolvimento de atividades que promovam o ensino e aprendizagem da disciplina e 3) Aspectos que impactam diretamente na formação do graduado em Física. Quanto ao primeiro elemento, observa-se que se assume como uma “tarefa” que tem de ser cumprida de forma “obrigatória” nos processos de intervenção, contudo, chama a atenção que esta revisão não transcenda o discurso dos alunos. É oportuno, em los seminarios y encuentros con maestros tutores, enseñar a reflexionar sobre lo que implica el currículo, no solo, lo descrito en los documentos oficiales, sino de las dinámicas propias de la escuela (el currículo oficial, el oculto, el operacional, entre otros). No segundo, reitera-se a importância da interação com os alunos do ensino fundamental e médio, como possibilidade de desenvolvimento de competências no professor e, por fim, no terceiro aspecto, considera-se que o exercício do trabalho possibilita identificar lacunas. estabelecer ações para superá-las, aprender a construir guias e aprimorar seu exercício comunicativo e a gestão do grupo em geral.

Palavras-chave: prática pedagógica, formação inicial, licenciatura em física.

1. Introducción

El programa de Licenciatura en Física de la Universidad Pedagógica Nacional está compuesto por dos momentos. El *ciclo de fundamentación* que tiene por objetivo el análisis y la reflexión de los elementos conceptuales, teóricos y metodológicos de la física y su enseñanza (primeros seis semestres) y *el ciclo de profundización*, en el que se enfatiza en concepciones y problemas particulares de la física y la educación, se cuestiona sobre el papel del maestro de ciencias a partir de ejercicios investigativos, en el marco de cuatro líneas de profundización (La física desde una perspectiva cultural; La relación matemática; La experimentación; y Los enfoques didácticos) que el estudiante del programa elige libremente, teniendo en cuenta sus intereses académicos. Esta formación se da en los últimos cuatro semestres.

Es por esto, que se han diseñado procesos diferenciados a través de cada una de las líneas establecidas, para aportar desde diversas perspectivas a la formación inicial de profesores en física que atiendan las demandas actuales de la educación básica, media y superior.

Para el programa de Licenciatura en Física, resulta fundamental reconocer las experiencias que los maestros en formación inicial han ido configurando en la realización de la práctica pedagógica. Todo ello, sustentado en la premisa que en la formación se posibilite permanentemente una relación reflexiva entre teoría y práctica, en tanto que se asume en asunto dialógico que sitúa a la

experiencia en dispositivo de aprendizaje, la cual contiene en sí misma procesos socio culturales e históricos que expresan la subjetividad y objetividad propia de toda realidad. Dicho de otro modo, aprender de la propia vivencia genera límites de validez que legitiman cuestionar sobre aquello que se hace en escenarios específicos, dando paso a la coherencia entre el pensamiento y la acción pedagógica.

Por tal razón, se han generado espacios en los que se hace una reflexión constante sobre dichos procesos de práctica pedagógica que realiza el profesor en formación, a través de ejercicios que implican la inmersión en la cultura escolar y con ello, la resignificación del saber pedagógico, el reconocimiento de aspectos pedagógicos y didácticos de la disciplina objeto de estudio, el desarrollo de habilidades y competencias para aprender a “actuar” en el campo educativo, entre otros aspectos, que le permitirán al estudiante prepararse para enfrentar futuros escenarios académicos y laborales.

Por consiguiente, la práctica pedagógica pone en escena la necesidad de caracterizar los factores más relevantes que surgen del entramado de relaciones que se establecen en el ámbito escolar y que aportan significativamente a la formación de licenciados en física críticos de las realidades, capaces de responder a sus necesidades y a las de su entorno social y natural.

En la formación inicial de maestros juega un papel fundamental los procesos de inmersión a la cultura escolar, debido a que conocen las dinámicas educativas y aprenden

a desarrollar habilidades para 1) reflexionar sobre la enseñanza y el aprendizaje de la disciplina, 2) configurar un perfil docente, 3) analizar y sintetizar sus propias experiencias, 4) “experimentar” en compañía de un profesor en ejercicio, 5) Realizar estrategias metacognitivas para reconocer sus comprensiones epistemológicas, disciplinares, pedagógicas y didácticas.

En ese orden de ideas, la Línea IV del ciclo de profundización Enseñanza y Aprendizaje de las ciencias: Enfoques Didácticos, ha decidido interrogarse por la manera en la que podría sistematizarse la práctica pedagógica que realizan los estudiantes en los últimos semestres en inmersión en las instituciones educativas distritales de la ciudad de Bogotá.

Se asume la sistematización de la práctica pedagógica en proceso investigativo en el que se reconoce, reconstruye, reflexiona, interpreta, aprende y comunica relaciones implícitas en la acción pedagógica. Es una alternativa de reflexión que permite configurar el estado real de los procesos adelantados con miras a identificar qué se ha hecho, cómo se ha hecho, para proponer acciones de retroalimentación continua en pro del mejoramiento. “La sistematización es un recurso valioso para “mirarse a sí mismo”, para ser críticos, para reconocer los avances y seguir aprendiendo. Integra la reflexión sobre la propia experiencia y es una oportunidad para crecer profesionalmente” (Unesco, 2016, p.12).

2. Marco de Referencia

2.1 Formación inicial de profesores de física desde la práctica pedagógica

Con el propósito de aportar en la formación de licenciados en física capaces de reconocer, reflexionar y responder a las complejidades y particularidades de los diversos escenarios educativos, a partir de la comprensión didáctica en la relación educativa, pedagógica y disciplinar, se consideran como propósitos de la formación docente desde la práctica pedagógica, los siguientes:

- Formar docentes con una concepción amplia, profunda e integrada del campo disciplinar de la física; dispuestos a repensar qué es el conocimiento físico y cómo caracterizarlo en el proceso de enseñanza-aprendizaje, recontextualizándolo para que resulte significativo en su formación.
- Reconocer las características propias de cada contexto donde se desarrolla el proceso de enseñanza y de aprendizaje de la física, así como de las individualidades, realidades y necesidades de los sujetos que participan en el proceso; para la construcción de acciones didácticas que determinen la pertinencia de las estructuras, modelos, técnicas, métodos y/o herramientas con las que se desarrolla la acción pedagógica.
- Caracterizar al conocimiento como un producto humano y subjetivo, resultado de la interacción con su mundo natural y social; que requiere

que el acto educativo posibilite espacios para la construcción de conocimiento desde las interacciones sociales, donde se les brinde a los estudiantes la posibilidad de discutir e intercambiar ideas, información, datos y experiencias que les permita desarrollar y formalizar su conocimiento.

La formación se dirige hacia el fortalecimiento y caracterización del saber disciplinar de la física y hacia la formación en didáctica orientada a la comprensión y reflexión sobre las relaciones: conocimiento-saber, enseñanza-aprendizaje, docente-estudiante, ciencia-cultura, individuo-colectivo, escuela-diversidad y educación-sociedad; identificando y trabajando sobre sus características, interacción, procesos, métodos, contenidos e influencia en la transformación de sujetos críticos capaces de responder a sus necesidades y a las de su entorno social y natural. Paralelo a ello, este enfoque sobre el cual el grupo investigación orienta sus propósitos y acciones hacia la formación de licenciados en física entiende y valida el quehacer docente como un ejercicio profesional y laboral, que responde, atiende y dinamiza los intereses del sector educativo del país y sus realidades, en cabeza del Ministerio de Educación Nacional (MEN).

Se reconoce la práctica pedagógica como un espacio que permite a sus estudiantes formarse como maestros investigadores y como profesionales-docentes, lo que demanda reflexiones de diferente orden, entre ellas, epistemológicas, didácticas, pedagógicas, pues esta supone un proceso de inmersión en escenarios

educativos con el propósito reconocer, comprender, desde una acción directa las realidades y dinámicas del contexto, y donde, se integran los conocimientos teóricos y prácticos para desarrollar competencias para el ejercicio de la docencia.

Desarrollar un proceso de sistematización con la intención de dar cuenta del desarrollo de las competencias profesionales-docentes, pone en escena la necesidad de identificar, establecer y definir cuáles son esas competencias; saberes, habilidades y actitudes; que se espera desarrollen y fortalezcan los estudiantes de licenciatura en física para responder a la realidad educativa de formar por competencias a niños, niñas y jóvenes en los diferentes espacios educativos del país.

Es importante reconocer que el concepto de competencia resulta amplio, diverso y hasta confuso; sin embargo, como lo propone Zabala, citado por Criollo (2018), desde las diferentes maneras en las que pueda comprender el término de competencias hacen referencia al “conjunto de conocimientos y habilidades que los sujetos necesitamos para desarrollar algún tipo de actividad” (p. 2), o lo manifiestan Yániz y Villardón, también citado por Criollo (2018), una competencia puede definirse como “el conjunto de conocimientos, habilidades y actitudes necesarios para desempeñar una ocupación dada y la capacidad de movilizar y aplicar estos recursos en un entorno determinado, para producir un resultado definido” (p. 2).

Desde un referente más cercano, y propio del sistema educativo colombiano, el Ministerio de Educación Nacional (MEN) define:

“Una competencia se puede definir como una característica intrínseca de un individuo (por lo tanto, no es directamente observable) que se manifiesta en su desempeño particular en contextos determinados. En otras palabras, una persona demuestra que es competente a través de su desempeño, cuando es capaz de resolver con éxito diferentes situaciones de forma flexible y creativa”.

Desde este punto de vista, es posible afirmar que el desempeño laboral de una persona (nivel de logro y resultados alcanzados en determinado tipo de actividades) es una función de sus competencias.

Por otro lado, una competencia involucra la interacción de disposiciones (valores, actitudes, motivaciones, intereses, rasgos de personalidad, etc.), conocimientos y habilidades, interiorizados en cada persona. Estos componentes de la competencia interactúan entre sí y se ponen en juego frente a los retos cotidianos que enfrenta una persona, determinando la calidad global de su labor en un escenario específico. Es importante señalar además que una competencia no es estática; por el contrario, esta se construye, asimila y desarrolla con el aprendizaje y la práctica, llevando a que una persona logre niveles de desempeño cada vez más altos.

Frente a la formación de licenciados en física por competencias, se reconoce entonces la necesidad de formar profesionales con conocimientos, habilidades y actitudes referidos a:

- La comprensión profunda de los fenómenos físicos, para identificarlos, entenderlos, caracterizarlos, explicarlos, modelarlos y predecirlos.
- Los procesos educativos y sus fines a nivel local, nacional y global; desde el reconocimiento y reflexión de las particularidades, individualidades y realidades de cada contexto educativo.
- La reflexión pedagógica entorno a los procesos de enseñanza y aprendizaje de la física.
- La acción curricular, evaluativa y didáctica que dinamiza las relaciones pedagógicas entre maestro-estudiante, enseñanza-aprendizaje y educación-sociedad.

2.2 Sistematización de la práctica pedagógica

2.2.1 Génesis de la sistematización de experiencias que institucionaliza su sentido en la acción

Hacia finales de los años cincuenta, en medio de la Revolución Cubana se planteó una ruptura con la dominación colonial, exhortando a que América Latina iniciara un proceso de cuestionamiento y transformación importante respecto de lo vivido en décadas anteriores; consecuentemente, con el fin de evitar que en otros países se hubiese dado un efecto dominó, en medio de las circunstancias

propias de la geopolítica del momento, el gobierno de Estados Unidos a través del denominado Programa de “Alianza para el Progreso”, promueve una racionalidad desarrollista y modernizadora en la región, en donde la acción interventora del Estado se centró en el avance económico y productivo. No obstante, esto tuvo sus contradictores quienes creían haber encontrado un terreno fértil para el cambio y la transformación social en América Latina. Uno de los hechos que sustentó lo anterior correspondió a la creación en 1970 de la Unidad Popular en Chile con Salvador Allende. Dos acontecimientos contextuales que configuran medios realizativos de la sistematización de experiencias, pero que valdría la pena profundizar en ello para precisar condiciones de posibilidad que conllevaron a dicho asunto.

El término sistematización tuvo como antecedente el trabajo social, una profesión considerada por algunos como menor jerarquía que buscaba a través de sistematizar sus prácticas, el carácter científico-técnico que la colocara en el mismo nivel de otras disciplinas. La insuficiencia de dicha acción conlleva a que, en 1970, fuera creada una corriente que pretendía reconceptualizar el trabajo social con miras a reflexionar sobre sus experiencias y desde allí transformar la realidad.

En 1977 es constituida la Asociación Latinoamericana de Escuelas de Trabajo Social (ALAETS) que consolida la premisa de la sistematización de prácticas. Ya no se trataba de recuperar y clasificar el saber del servicio social propuesto en los años cincuenta y sesenta, sino que, en virtud de las

demandas promovidas en América Latina sobre sus necesidades de cambio, en el mundo del trabajo social serían establecidos dos elementos centrales para la sistematización: a) la experiencia como fuente de conocimiento (praxis científica); b) la teoría y la práctica como unidad dialéctica.

Posteriormente, durante las décadas del ochenta y noventa, en ejercicio de la sistematización fueron constituidas dos rutas más para su consolidación. La primera de ellas versaría sobre la educación de adultos, centrada en programas agrícolas que pudiesen contribuir al desarrollo económico propuesto. Allí se promueve una oleada de alfabetización que motivó unir esfuerzos para recopilar y organizar experiencias que pudieran enunciar sus apuestas concretas.

La segunda ruta, refirió a la educación popular que, bajo la premisa de concientización y pedagogía de la liberación de Paulo Freire (Brasil), se propuso que la educación se constituyera en una “acción cultural para la libertad” (Freire, 1975), la cual debía ser pensada y reflexionada por sus protagonistas: los educadores populares; asuntos vistos desde un componente investigativo al generarse un interés por este tipo de experiencias susceptibles de ser sistematizadas y, de paso, contribuirían a la construcción de aproximaciones teóricas.

En ese orden de ideas, se puede identificar un desplazamiento interesante desde la verticalidad hacia la horizontalidad en los procesos de abordar la experiencia, en donde la sistematización se constituye en el lugar de producción social de conocimientos, buscando superar la relación sujeto-objeto

propia del positivismo y transitando hacia la recuperación crítica de la experiencia vivida.

Por ello, la postura epistemológica que subyace la sistematización se fundamenta en lo interpretativo y lo dialéctico; estas comprensiones sitúan al sujeto de la práctica como protagonista de su propia historia, siendo convocado desde su subjetividad para escribir su versión de los hechos, en donde la práctica se convirtió en insumo principal para producir conocimiento desde lo individual y lo colectivo, así como la manera más próxima para reconquistar saberes desde la razón ético-política.

Al respecto, Ghiso (1998) ha propuesto desde el interés del conocimiento práctico cuatro enfoques: histórico-dialéctico, dialógico e interactivo, hermenéutico y reflexivo y construcción de la experiencia humana constituyendo, con el transcurrir de los años, la consolidación de un corpus teórico metodológico. En definitiva, la historia de América Latina y el Caribe configuró condiciones de posibilidad o un conjunto de oportunidades (Elster) para la institucionalización de la sistematización de experiencias como fuente de conocimiento, poniendo de relieve la acción social.

Este primer eje, relacionado con la emergencia del asunto, tiene como cierre la importancia indicativa sobre los procesos de institucionalización que reprodujeron mecanismos de reflexión, logrando consolidarse con la creación de la Red Alforja (1981) y del Consejo de Educación de Adultos de América Latina (CEAAL), el cual años más tarde sería el Consejo de Educación Popular de América Latina y el Caribe

(CEAAL), en donde se han integrado varios grupos de trabajo que sistematizan experiencias desde distintos lugares de enunciación.

En suma, la sistematización ha despertado interés de diversas organizaciones sociales, del sector educativo, del trabajo comunitario, de universidades, por ejemplo, la Universidad del Valle con el grupo de investigación de Educación Popular o la Universidad Pedagógica Nacional, entre otros, con los profesores Alfonso Torres y Lola Cendales, realizando reflexiones que han ido consolidándose en la Biblioteca Virtual del Programa Latinoamericano de Apoyo a la Sistematización del Consejo de Educación Popular de América Latina y el Caribe (CEAAL) (Jara, 2018).

2.2.2 Sistematización de la práctica pedagógica: un proceso (auto)reflexivo, interpretativo y de aprendizaje

La Línea de Profundización IV, Enseñanza y Aprendizaje de las ciencias: Enfoques Didácticos, fundamenta su estudio en la comprensión del acto educativo y de los problemas suscitados en los procesos de enseñanza y de aprendizaje de la física en los diferentes contextos escolares desde la perspectiva de la didáctica, es importante precisar que la práctica pedagógica en la Licenciatura en Física, es realizada por profesores en formación inicial que se conciben en intelectuales, es decir, son quienes constantemente reflexionan sobre los sujetos de aprendizaje, así como sobre contenidos, propósitos, métodos, recursos, etc., en suma, profesores en formación inicial

que consideran la enseñanza en objeto de estudio y de conocimiento.

En ese orden de ideas, la sistematización, consta de tres componentes básicos en su definición: a) reflexión; b) interpretación; y c) aprendizaje. En cuanto a la reflexión, la sistematización de práctica se concibe como el proceso que posibilita la oportunidad de focalizar la mirada sobre la propia experiencia educativa, en la que existe un momento para detenerse y pensar en la manera en la que confluyen los saberes disciplinares y pedagógicos del profesor en formación, quien se constituye en sujeto ético, político y cultural. Dicho de otro modo, la sistematización posee un alto componente reflexivo que permite un diálogo entre el conocimiento teórico y el saber práctico.

Una vez centrada la mirada sobre la práctica pedagógica, surge la interpretación de la acción pedagógica, en tanto que la sistematización no se trata de reconstruir únicamente experiencias en términos de lo que implica la recordación de hechos, sino que trasciende hacia el reconocimiento de los sujetos participantes, quienes buscan comprender lo vivido en determinados escenarios educativos, a partir de interrogarse por las razones que conllevaron dicha acción, develar su sentido y la postura epistemológica que le subyace.

Dada la interpretación, la sistematización de la práctica cobra un viraje particular desde el aprendizaje, en cuanto a que posibilita tanto la institucionalización y producción de saber pedagógico como el agenciamiento de la práctica pedagógica. Dicho de otro modo, la práctica es el espacio

en el que se disponen unos saberes para llevar a cabo la acción, pero a su vez, es un escenario que produce saberes, genera conocimiento, constituye subjetividades y crea condiciones para seguir aprendiendo sobre aquello que se ha generado en los ámbitos educativos.

Ahora bien, vale la pena preguntarse ¿por qué y para qué la sistematización de la práctica pedagógica de los profesores en formación inicial de la licenciatura en Física? Cabe mencionar que la justificación de dicho proceso está en su significado y sentido mismo, ya que es relevante para los profesores en formación inicial reconocer tanto su punto de partida como el de llegada en la acción pedagógica, la cual se desarrolló en virtud de poblaciones y ámbitos educativos particulares. Paralelo a ello, la importancia de la sistematización de la práctica en la Línea IV del ciclo de profundización radica en la identificación de experiencias significativas para la enseñanza y el aprendizaje de las ciencias en los distintos niveles y grados escolares desde la comprensión didáctica, lo que posibilita a los profesores en formación intercambiar aprendizajes con otras experiencias semejantes, generando conocimiento y reflexión teórica a partir de lo que emerge de la práctica que desarrolla de VII a X semestre.

3. Metodología

La metodología empleada se fundamentó en un estudio interpretativo, basado en un estudio de caso, conformado por cuatro estudiantes, con el cual se busca reconocer los elementos más relevantes del

proceso de práctica pedagógica que surgen desde la reflexión propia de los maestros en formación. Para recolectar la información se organizó una matriz donde se registró cada uno de los aspectos reportados, para realizar posteriormente el análisis de cada uno de los elementos señalados por los estudiantes en su informe de práctica y finalmente se originó un metaanálisis, para tener una visión más amplia y sólida del estudio realizado. En dichos informes se registran datos como: caracterización del contexto, descripción de la práctica (objetivos, desarrollo, alcances, fortalezas, debilidades), consideraciones disciplinares, pedagógicas y actitudinales.

El propósito del instrumento (matriz de análisis) era evidenciar el alcance de los objetivos propuestos, fortalezas y dificultades identificadas por los maestros en formación en su proceso de práctica para reflexionar sobre el desarrollo, los retos y los aciertos de este ejercicio formativo, en torno a un conjunto de elementos o aspectos pedagógicos que transforman la acción e interacción que se tiene con los diferentes miembros de la comunidad.

4. Resultados

A continuación, se presentan los resultados que emergen de la revisión y análisis de cada uno de los informes de práctica presentados por los maestros en formación, haciendo énfasis en diferentes elementos.

4.1 Objetivos de la práctica pedagógica

En los informes de práctica se presenta un conjunto de objetivos que están

estrictamente relacionados con la manera cómo se asumen los procesos de práctica en el programa de licenciatura en física y las directrices que se dan en la línea de profundización para ejecutar dicha práctica. Los objetivos se centran en analizar el contexto, la reflexión sobre el abordaje de las ciencias en la educación media y la elaboración o construcción de material para acompañar los procesos de enseñanza. Existe una preocupación adicional por "potenciar" las habilidades comunicativas y emocionales. Se puede inferir que los estudiantes de la licenciatura consideran un factor relevante en su aprendizaje, adquirir otro tipo de habilidades, particularmente, las vinculadas con las relaciones sociales; validando con ello, la responsabilidad que tiene un docente en la formación de los sujetos no sólo desde el conocimiento de su disciplina.

En general, se hace evidente la necesidad de desarrollar competencias docentes desde lo disciplinar, pedagógico y actitudinal, se evidencia la importancia del reconocimiento del contexto educativo como primer tarea en el escenario de práctica, donde la observación intencionada, ordenada y sistemática, es el proceso primordial que permite al docente en formación explorar las dinámicas y necesidades de la escuela actual en Colombia, con el fin de generar a futuro propuestas didácticas y de investigación relacionadas con la formación científica.

4.2 Desarrollo de la práctica pedagógica

En cuanto al desarrollo de la práctica se puede observar que los estudiantes establecen dos procesos: 1) la planeación de

la clase, a través de guías o material de trabajo y 2) la intervención con la población que está inmersa en la comunidad. Sin embargo, en los documentos no se explicita la forma como se realiza. Este aspecto pone en relieve la importancia de revisar por separado la forma como se generan estos dos espacios (“la planeación” y “la intervención”) y el tipo de acompañamiento que recibe el maestro en formación para su desarrollo. Se sabe que una condición, para que se dé la práctica pedagógica en las escuelas es contar con la presencia del maestro tutor en el aula lo que garantiza que se tenga una observación directa y, por lo tanto, una retroalimentación del proceso. Sería importante revisar si la “preparación” (planeación) de la clase lo hace en solitario, busca a sus pares, o qué tipo de asesoría recibe por parte de los maestros asesores o tutores para complementar esta parte del proceso formativo.

4.3 Fortalezas en el desarrollo de la práctica pedagógica

Las apreciaciones realizadas por los estudiantes en cuanto a las fortalezas son muy ambiguas. Se citan aspectos relacionados con la actitud, la comunicación, el uso de material y la investigación que son importantes en la formación de maestros, pero en los informes no se hace un tránsito de cómo se lograron.

Se establece una reflexión constante en torno a las habilidades que debe tener el maestro para la elaboración de guías de trabajo dirigidas a los estudiantes de la educación básica y media; centrados en la preocupación por presentar los contenidos conceptuales y dinámicas en las actividades de manera clara y organizada.

4.4 Debilidades en el desarrollo de la práctica pedagógica

En los informes revisados se logra identificar lo complejo que puede ser la planeación de las actividades y el ejercicio escritural para el desarrollo de guías o material de apoyo para los docentes en formación. Sumado a esto, lo que demanda describir con sus propias palabras, fenómenos de la vida cotidiana, a través de la explicación científica. Por otro lado, otro aspecto que colocan en escena la dificultad para el manejo de grupos numerosos.

El ítem de las debilidades se convierte en una oportunidad formativa, pues le lleva a reflexionar y trabajar en lo disciplinar, para una comprensión de las temáticas. Este elemento, permite entrever que el desarrollo de la práctica se convierte en una oportunidad para que los maestros en formación pueden reconocer y cuestionarse sobre la necesidad de una formación continua desde los componentes disciplinar y pedagógico, en los que se moviliza un licenciado en física.

4.5 Alcances de la práctica pedagógica

Los maestros en formación reconocen en la inmersión una posibilidad de comprender las realidades de los contextos educativos, de reflexionar sobre cuál es el papel del maestro y una oportunidad de desarrollar habilidades para fortalecer la labor docente. En ese orden, lo alcances mencionados son prioritariamente de orden procedimental: Acercamiento a las dinámicas de las instituciones - Solución de conflictos - Diseño de material. Llama la atención por qué

no se precisan aspectos cognitivos y reflexiones disciplinares centradas en la enseñanza de la disciplina.

4.6 Consideraciones disciplinares

Dentro del documentos no se evidencian reflexiones por parte de los estudiantes que permitan dar cuenta sobre la forma como se aproximan o lo que demanda el abordaje de conceptos físicos en la educación básica y media. Señalan el conjunto de temas abordados, pero no se tiene una reflexión sobre lo que implica estudiar los conceptos. Esta situación pone en escena dos aspectos: 1) La mayor parte de las descripciones que realizan los maestros en formación se queda en la vivencia y no alcanza el nivel de la experiencia, por lo que es escaso el análisis y discusiones en torno a la disciplina. 2) Los estudiantes se enfrentan a vacíos conceptuales, y en muchos casos, no buscan estrategias colectivas para superarlos (trabajo con pares, maestro tutor, maestro asesor) por temor a exponerlos. Se quedan con la información que se encuentra en los libros de texto o en la red para reproducirlos sin asignarles un sentido o un significado.

La práctica pedagógica les demanda un proceso de reconocimiento sobre aquellos elementos propios de la ciencia física; que se abordan y desarrollan en las clases que acompañan; necesarios a fortalecer, complementar, profundizar e incluso comprender las demandas cognitivas; haciendo que se desarrollen estrategias para una mayor apropiación conceptual y teórica sobre las temáticas abordadas.

4.7 Consideraciones pedagógicas

Se evidencia la oportunidad del escenario de práctica pedagógica como espacio de formación, para el trabajo en equipo entre docente en formación, docente tutor y docente asesor, con respecto al diseño de estrategias didácticas que respondan al proyecto educativo y las necesidades del contexto poblacional.

Se considera que los estudiantes reconocen en los documentos institucionales los aspectos pedagógicos que movilizan el acto educativo, pero estos no se materializan en la práctica, se da una ruptura entre lo teórico y la realidad del aula. En este caso, se cuestiona cuáles son los elementos a tener en cuenta para implementar un modelo pedagógico en la escuela.

Lo expuesto por los estudiantes, en algunos casos, carece de profundidad en los argumentos, tal vez, porque se remiten a citar lo descrito en el Proyecto Educativo Institucional PEI y no hay consultas adicionales que permitan reflexionar sobre estos aspectos. ¿Qué se debe hacer para "hacer más dinámico el proceso de aprendizaje" y cómo se relaciona la teoría con la realidad de la escuela?

El desarrollo de la práctica les exige realizar ejercicios de análisis sobre los elementos curriculares para la organización, planeación y desarrollo de las clases. Así mismo, la construcción de las guías le demanda reflexionar, analizar y responder al qué y al cómo enseñar los conceptos de física a trabajar en las aulas.

4.8 Consideraciones actitudinales

Se evidencia que la práctica permite la reflexión continua del maestro en formación con respecto a la importancia del componente actitudinal como competencia docente, pues reconoce como debilidad y aspecto de mejora el compromiso hacia su práctica pedagógica y el manejo de sus emociones, como la ansiedad en momentos de confusión durante las explicaciones.

De manera implícita se encuentra que algunos estudiantes consideran que la actitud y la vocación son necesarias para poder ejercer la profesión docente. Manifiestan que poseen determinadas "virtudes" que conllevan al "éxito" de las prácticas pedagógicas. Esto revela la necesidad de indagar sobre la influencia de la actitud del maestro en los procesos de enseñanza y de aprendizaje de las ciencias.

4.9 Conclusiones descritas por los estudiantes del proceso de práctica

Los procesos de práctica significan para los estudiantes un ejercicio de reconocimiento sobre aquellos elementos propios de la física necesarios a fortalecer, complementar, profundizar e incluso a formarse. Se resalta la necesidad de reflexionar en torno al problema del cómo enseñar y del cómo evaluar, de manera que estas acciones sean significativas para los diferentes actores educativos.

La práctica pedagógica los lleva a realizar un proceso de reconocimiento y caracterización de la comunidad de estudiantes con los que se trabaja, lo que

permite adelantar procesos de enseñanza y aprendizaje significativos. Asimismo, los lleva a preguntarse y analizar por qué y para qué enseñar física, cómo enseñarla, llevándola a realizar reflexiones didácticas, curriculares y evaluativas.

5. Conclusiones

El proceso de sistematización de la práctica pedagógica de la Línea IV de la Licenciatura en Física, ha permitido recabar la experiencia en términos de identificar los aportes que desde este escenario formativo, constituyen los saberes pedagógicos, didáctico y disciplinar, los cuales se vinculan al momento de concretar los procesos de enseñanza y aprendizaje de las ciencias.

En ese orden de ideas, lo primero que habría que mencionar es que a reserva de que la normatividad indique abordar el concepto de práctica educativa, es necesario mencionar que los estudiantes lo que llevan a cabo es una práctica pedagógica situada en la reflexión sobre el ejercicio de la enseñanza de un área disciplinar que interroga por la acción del maestro y la historia que lo constituye.

Los análisis realizados a partir de la matriz permiten observar que la interacción que establecen los maestros en formación con estudiantes, maestros tutores, maestros asesores y demás miembros de la comunidad educativa, resulta ser descriptiva y enunciativa, dejando entrever que la relación teoría y práctica es un aspecto por fortalecer en los informes que realizan al final de cada período académico.

Dicho de otro modo, los registros que realizan los estudiantes en este tipo de instrumentos obedecen más a una lógica de rendición de cuentas más que a un balance y análisis de su proceso formativo, evidenciando la ausencia de praxis en su cotidianidad. Sin embargo, se destacan cierto fortalecimiento de habilidades y de una toma de consciencia frente a lo actitudinal al momento de asumir la enseñanza de las ciencias, generando diálogos entre los distintos saberes.

anual de desempeño laboral docentes y directivos docentes del estatuto de profesionalización docente decreto ley 1278 de 2002.

6. Referencias

Criollo, M. (2018). Competencias del docente del siglo XXI. *Revista Vinculando*, 6-14

Del Carmen, L. (2010). Formar maestros competentes: un reto difícil para el sistema educativo. *Aula de Innovación Educativa*, 195, 47-52

Freire, P. (1975). *Acción Cultural para la libertad*. Buenos Aires, Tierra Nueva.

Ghiso, A. (1998). *De la práctica singular al diálogo con lo plural: aproximaciones a otros tránsitos y sentidos de la sistematización en épocas de globalización. Ponencia para el Seminario Latinoamericano: Sistematización de Prácticas de Animación Sociocultural y Participación Ciudadana*. Medellín, Colombia. (Biblioteca virtual).

Jara, O. (2018), *La sistematización de experiencias: práctica y teoría para otros mundos posibles*. Bogotá, CINDE.

Ministerio de Educación Nacional (2008). Guía 31. Guía metodológica: evaluación



EXPERIMENTACIÓN CUALITATIVA: ALTERNATIVA PARA DINAMIZAR PROCESOS ARGUMENTATIVOS Y CONSTRUCCIÓN DE CONOCIMIENTO CIENTÍFICO ESCOLAR EN PRIMARIA

QUALITATIVE EXPERIMENTATION: ALTERNATIVE TO ENHANCE ARGUMENTATION PROCESSES AND CONSTRUCTION OF SCIENTIFIC KNOWLEDGE IN PRIMARY SCHOOLS

EXPERIMENTAÇÃO QUALITATIVA: ALTERNATIVA PARA AUMENTAR PROCESSOS DE ARGUMENTAÇÃO E CONSTRUÇÃO DE CONHECIMENTO CIENTÍFICO EM ESCOLAS PRIMÁRIAS

Diana María Rodríguez Ramírez* , Ángel Enrique Romero Chacón** 

Rodríguez-Ramírez, D., Romero, A. (2023). Experimentación Cualitativa: alternativa para dinamizar procesos argumentativos y construcción de conocimiento científico escolar en primaria. *Góndola, Enseñanza y Aprendizaje de las Ciencias*, Número especial, v18, pp.1-12

Resumen

El presente artículo de investigación presenta un análisis sobre cómo la experimentación cualitativa guiada y exploratoria se constituye en una alternativa valiosa para dinamizar procesos argumentativos y la construcción de conocimiento científico escolar. Se enmarcó en la línea de estudio observacional, utilizando como perspectiva el estudio de caso intrínseco. Como principales resultados se destaca que la manipulación de los instrumentos de medida construidos por los participantes, la sistematización, discusión y análisis de sus observaciones al interior de grupos académicos y finalmente la relación que establecieron con referentes conceptuales, fueron piezas claves para la comprensión del fenómeno y producción de argumentos amparados en modelos propios de las ciencias.

Palabras-Clave: Argumentación, Experimentación cualitativa, enseñanza de las ciencias en básica primaria, construcción social del conocimiento.

Abstract

This research article presents an analysis of how guided and exploratory qualitative experimentation constitutes a valuable alternative to stimulate argumentative processes and the construction of school scientific knowledge. It was framed in

* Magister en Educación. Universidad de Antioquia. Colombia. dmaria.rodriguez@udea.edu.co - ORCID <https://orcid.org/0000-0001-5819-2074>

** Doctor en Epistemología e Historia de las Ciencias y las Técnicas. Universidad de Antioquia. Colombia. angel.romero@udea.edu.co – ORCID <https://orcid.org/0000-0002-5256-5535>

the line of observational study, using the intrinsic case study as a perspective. As main results, it is highlighted that the manipulation of the measurement instruments built by the participants, the systematization, discussion and analysis of their observations within academic groups and finally the relationship they established with conceptual referents, were key pieces for the understanding of the phenomenon. and production of arguments based on models of the sciences

Keywords: Argumentation, qualitative experimentation, basic primary science education, social construction of knowledge

Resumo

Este artigo de pesquisa apresenta uma análise de como a experimentação qualitativa guiada e exploratória constitui uma alternativa valiosa para estimular os processos argumentativos e a construção do conhecimento científico escolar. Enquadrou-se na linha de estudo observacional, tendo como perspectiva o estudo de caso intrínseco. Como principais resultados, destaca-se que a manipulação dos instrumentos de medida construídos pelos participantes, a sistematização, discussão e análise de suas observações dentro dos grupos acadêmicos e por fim a relação que estabeleceram com os referentes conceituais, foram peças fundamentais para a compreensão do fenômeno. e produção de argumentos baseados em modelos das ciências.

Palavras-Chave: Argumentação, experimentação qualitativa, ensino básico de ciências primárias, construção social do conhecimento.

1. Introducción

La argumentación se consolida como una estrategia valiosa para atender a las necesidades de la enseñanza de las Ciencias Naturales (Jiménez 2010; Henao 2010; Buitrago, Mejía y Hernández, 2013), ya que, posibilita el mejoramiento de procesos metacognitivos, formación de ciudadanos responsables capaces de ejercer un pensamiento crítico y el reconocimiento del trabajo de las comunidades científicas. Sin embargo, pese a su preponderante utilidad en las aulas de la básica primaria se hace evidente su ausencia. Razón por la cual su paso en la alfabetización científica es casi nulo en los primeros años escolares. Se suma a lo anterior que se otorga poca relevancia a la enseñanza de las Ciencias Naturales en básica primaria (Pujol, 2003; Furman, 2008), así como también, se encuentra una carencia de actividades experimentales en la construcción de conocimiento científico escolar.

A partir de los asuntos descritos anteriormente, se propone como objetivo analizar como la experimentación cualitativa guiada y exploratoria

influye en los procesos argumentativos y en la construcción de conocimiento científico escolar en estudiantes de quinto grado de la Institución Educativa Alfonso Upegui Orozco en la ciudad de Medellín-Colombia en torno al concepto de presión atmosférica. Se realizó una descripción de los hallazgos a la luz de la información obtenida del trabajo de campo que fue dinamizado a través de una secuencia de enseñanza basada en la experimentación cualitativa guiada y exploratoria en relación al concepto de presión atmosférica y que posteriormente fue contrastada con la construcción conceptual. Se utiliza el análisis del discurso (Rapley, 2014) para identificar y caracterizar las producciones argumentativas.

2. Marco de referencia

Esta investigación se enmarcó en dos temas de estudio que permiten analizar algunos aspectos importantes en la enseñanza de las Ciencias Naturales en la Básica Primaria. En primer lugar, se realiza una descripción de la argumentación como proceso y se retoman algunos elementos que lo constituyen. En segundo lugar, se realiza una

exposición sobre la filosofía de las prácticas experimentales como estrategia para el mejoramiento de la argumentación en ciencias. Por último, algunos elementos sobre el conocimiento como construcción social y su relación con el fenómeno de presión atmosférica.

2.1 La argumentación como una actividad social necesaria en la construcción de conocimiento

Se entiende el argumento como la actividad cognitiva-discursiva en la que se toma postura frente a un tema y se presentan las premisas necesarias para apoyarla, así mismo se presenta contrapropuestas a las premisas presentadas por otro cuyo punto de vista difiere del propio. El argumento según Leitão (2009) es: dialógico, dialéctico, epistémico, cognitivo y cultural. Es por ello que se caracteriza por ser una actividad discursiva, ya que, implica el uso del lenguaje escrito o verbal para presentar posturas. Cognitiva porque conlleva al uso de la razón y la capacidad de materializar una idea a través del lenguaje; lo que permite que se genere un proceso mental de mayor complejidad. Dialógica al necesitar del otro para hacer construcciones propias. Dialéctica porque permite hacer un análisis de los argumentos divergentes y epistémica como potencial para la creación de conocimiento. Todos los elementos citados no tendrían valor o significado sin lo cultural, ya que, a través de las interacciones sociales se construyen significados y símbolos comunes que explican el mundo natural.

2.2 Modelo Argumental de Toulmin

Antes de ahondar en la perspectiva que ampara el análisis de la presente propuesta, se hace necesario distinguir entre argumentar, argumento y argumentación. El argumento para Toulmin (2003) es un conjunto de oraciones, presentadas a través de aseveraciones razonables por un emisor. Se entenderá por argumentar a la actividad discursiva, donde las aseveraciones mencionadas anteriormente son construidas y expuestas por un sujeto. Por el contrario, se entenderá por argumentación al proceso que enmarca la retórica, donde además de la producción oral o escrita se hacen explícitos otros

elementos culturales que determinarían su desarrollo. Con fines prácticos, en el presente trabajo se entenderá la argumentación, tal como propone Toulmin (2003) como la actividad de presentar aseveraciones apoyadas en razonamientos y refutar tanto aseveraciones como razonamientos en un proceso continuo.

Toulmin propone un esquema para elaborar y evaluar los argumentos sujetos a la lógica formal (En adelante MAT: Modelo argumental de Toulmin). Dicho esquema (Ilustración 1) contiene seis elementos: fundamentos, conclusiones, respaldos, garantías, calificador modal.

Tabla 1. Elementos que constituyen el argumento.

Elemento MAT	Descripción
Respaldo	Constituido por hechos, datos, experiencias o recuerdos.
Garantía	Reglas, leyes, reglamentos, códigos o sistemas de pensamiento que explican hechos.
Fundamento	Son los datos, hechos o información de partida.
Calificador Modal	Es el grado de adhesión entre fundamentos y conclusiones.
Refutación	Son las refutaciones, debilidades o falsaciones que invalidan las conclusiones.
Conclusión	Constituido por las aseveraciones.

Retomado de Toulmin (2003).

Por su parte, Osborne, Erduran y Simon (2002) retoman los elementos descritos anteriormente (Tabla 2) y proponen una escala de valoración. Para ello, presentan un rango entre uno y cinco con la intención de identificar la calidad de un argumento según los elementos que lo constituyen (Tabla 2).

Tabla 2. Niveles argumentativos

Nivel	Descripción
1	Consiste en argumentos que son afirmaciones simples.
2	Son argumentos con afirmaciones amparada en garantías y respaldos, pero no contienen ninguna refutación.
3	Constituido por argumentos con afirmaciones amparada en garantías y

	respaldos con refutaciones débiles u ocasionales.
4	Muestra afirmaciones con refutación claramente identificables. Puede tener varias afirmaciones (A favor y en contra). Presenta garantías y respaldos.
5	Es un argumento extendido con más de una refutación. Que contiene además garantías, respaldos y calificadores modales. Presenta garantías y respaldos.

Rodríguez-Ramírez, retomando Osborne et al.

2.3 Filosofía de las prácticas experimentales como escenario para la construcción de argumentos

Según Ferreiros y Ordoñez (2002) las ciencias contemporáneas implican un Nuevo experimentalismo filosófico de las prácticas experimentales, en donde se hace necesario despojarse de una visión teoreticista, (entendida ésta como la tendencia a privilegiar la teoría sobre la experimentación para la construcción conceptual) y pasar a una que permita una estrecha relación entre filosofía y técnica, es decir, una imbricación entre teoría y experimentación. Como propuesta, se sugiere una experimentación cualitativa, como parte indispensable en la “formación de conceptos” (Ferreiros y Odoñez, 2002, p. 62).

Para comprender con mayor detalle la propuesta de intervención desde la anterior noción de ciencia, se hace necesaria destacar dos tipos de experimentación:

a. El experimentalismo cualitativo exploratorio: Desde esta perspectiva, se puede construir fenomenologías a través, de la manipulación de instrumentos.

b. El experimentalismo guiado: aunque esta perspectiva tiene tintes de métodos inductivos, puesto que propone modos de proceder a la luz de estructuras conceptuales y los datos son utilizados para comprobar teorías, es posible rescatarlo cuando se congrega junto con la perspectiva cualitativa exploratoria para comprender con mayor detalle los fenómenos.

Reconocer el valor de la experimentación y consigo la importancia de los instrumentos, permite tener una visión de ciencia más amplia. Presentarle a los estudiantes momentos de la historia donde científicos como Evangelista Torricelli, quienes dedicaron tiempo de sus estudios a inventar y refinar instrumentos (el barómetro, por ejemplo,) permite tener una visión más clara de cuáles son las dinámicas científicas y cómo fue necesario retomar las ideas de otros científicos como Gianbattista Baliani, Galileo Galilei, Magiotti-Berti para comprender el fenómeno de presión atmosférica y las propiedades del aire.

La argumentación ocupa un lugar valioso en la clase de ciencias, ya que, a través de éste podemos identificar si se ha construido conocimiento científico escolar, lo anterior amparado en la premisa que es el estudiante quien a partir de sus aseveraciones contrastadas en los respaldos y garantías puede llegar a conclusiones; es decir, a partir de lo observado en la experimentación puede vincularse con la teoría. Esta construcción es propiciada por su tránsito a través de la experimentación.

Desde la nueva filosofía experimental, se establece un híbrido entre: filosofía y experimentación. La filosofía incluye el proceso argumentativo y es en la experimentación donde se manipularán fenómenos que posibilitarán posteriores inferencias, deducciones, explicaciones, presentación de evidencias, extrapolación, elaboración de analogías o hipótesis, propias de la argumentación.

2.4 Conocimiento como construcción social: el caso de la presión atmosférica

Si bien el interés de la investigación radica en comprender cómo la experimentación cualitativa guiada y exploratoria influye en los procesos argumentativos y en la construcción de conocimiento científico escolar, se hace necesario materializar la propuesta en una temática en particular; se propone, por lo tanto, el estudio de la presión atmosférica.

Desde la perspectiva de la filosofía de las prácticas experimentales y más aún en la argumentación como actividad discursiva, se asume la ciencia como construcción social que obedece a las necesidades e intereses de la época y que se constituye en modelos conceptuales a través del tiempo por procesos de enculturación. En este sentido, se hace necesario retomar algunos asuntos socio históricos en torno al concepto de la presión atmosférica, siguiendo algunos aportes de Herrera (2012) en torno a la construcción de dicho concepto y su relación con las reflexiones realizadas por Romero y Aguilar (2013) en torno a la naturaleza de las ciencias.

Para sustentar tal relación, se hace alusión a la invención del barómetro y consigo la consolidación del concepto de presión atmosférica, ya que surge por la necesidad de resolver un problema práctico del siglo XVII -que parece distar del tema en cuestión, pero que guardan una estrecha relación- ¿Cómo abastecer las ciudades de Génova y Florencia de agua mediante sistemas de bombas? Gianbattista Baliani tenía un interés por explicar el funcionamiento de las bombas de agua para mejorar el sistema de distribución en dichas ciudades. Dentro de sus arduas investigaciones y sus infructíferos resultados por llevar agua a pisos elevados o colinas, escribe a Galileo para tratar de dar explicación a la cuestión de por qué no sube el agua a una colina no mayor a 20 m de altura; éste le responde que tal fenómeno obedece a la fuerza del vacío. Baliani, continua sus experimentaciones con ayuda de los fontaneros florentinos, modificando un sin número de variables, pero carente de recursos para explicar el hecho empírico de la existencia del vacío y con un insipiente modelo explicativo, difiere de las ideas propuestas por Galileo. Sin embargo, sus estudios le permiten vislumbrar las primeras aproximaciones a la concepción sobre el peso del aire, atribuyendo que éste es el que impide que el agua pueda subir a más de 10, 5 metros. Hacia 1630 Baliani establece una analogía entre la presión de la atmósfera sobre los cuerpos y la presión que se puede soportar bajo el agua (Herrera, 2012).

Como en todo proceso de construcción de conocimiento y aludiendo al término de razonabilidad de Toulmin, en la construcción de

conocimiento se hace necesario la búsqueda de nuevas razones que implica la modificación de las técnicas, procedimientos o incluso de los propios modelos explicativos, es por esto que, en 1644 Evangelista Torricelli, junto a su colega y amigo Vincenzo Viviani, presentó los resultados de los experimentos barométricos, derivado de la modificación de las experiencias ya realizados por Gaspare Berti y Raffaello Magiotti en 1641, donde pudo verificar que la atmósfera ejerce presión sobre los cuerpos y que existe el vacío, noción que para la fecha genera controversia, porque allí aún priman las ideas escolásticas, aristotélicas.

Lo anterior permite identificar varios aspectos. Por un lado, podemos evidenciar que Torricelli instaura un nuevo modelo explicativo de algunas situaciones y fenómenos posibilitando la construcción del concepto de presión atmosférica, este hecho se gesta por la transformación en su estilo de pensamiento, al modificar las variables utilizadas por Berti en su experimento, cambiando el agua por mercurio y un tubo más pequeño en comparación con el inicial. Dicha determinación le permitió resignificar y transformar la idea de vacío y la idea aristotélica que el aire carece de peso. Como segundo aspecto, se evidencia la relación entre teoría y experimentación para la comprensión de fenomenologías, esto deriva de la manipulación de los instrumentos como elemento considerable en la construcción de conocimiento. Por último, identificamos la importancia de las comunidades científicas, pues cada pensador retoma las ideas de sus colegas para estructurar sus propias teorías, ya sea para apoyarlas, profundizarlas o refutarlas, denotando el carácter dialógico y dialéctico de la ciencia.

3. Metodología

El presente proyecto de investigación se enmarcó en un paradigma investigativo de corte cualitativo, con tipo de método de estudio de caso. Esta perspectiva metodológica es definida por Hernández, Fernández y Baptista (2010) como el conjunto de técnicas, métodos y procedimientos reflexivos que se usan para comprender un fenómeno. Se caracteriza por llevarse a cabo en ambientes naturales, donde los

significados son extraídos propiamente de los datos, sus planteamientos tienden a ser más abiertos y, conforme avanza la investigación, éstos se van puntualizando. Se caracteriza por ser un proceso inductivo, recurrente y por no seguir procedimientos en secuencia lineal. Se empleó el estudio de caso intrínseco (Stake, 1994) como el método para el desarrollo de la investigación, debido a intentar comprender la complejidad de un caso particular.

Atendiendo a los criterios de conveniencia, capacidad operativa, entendimiento y naturaleza del fenómeno propuestos por Hernández et al. (2014) para la comprensión del caso, se seleccionan seis estudiantes con habilidades cognitivas-lingüísticas de básica primaria de la Institución educativa Alfonso Upegui Orozco de la ciudad de Medellín entre los 11 y 12 años de edad.

Cómo instrumentos de registro de la información se utilizaron: guía de observación, diario de campo, cuestionarios, entrevistas a profundidad y grabaciones. Los instrumentos utilizados posibilitaron obtener datos que posteriormente se configuran en unidades de análisis, con la intención de tener una visión más clara del caso.

El proceso de registro y organización de la información, se realizó en tres fases, como primera medida se hace la inmersión en el campo. En ésta, la investigadora realizó en cada uno de las sesiones de trabajo registro de imagen y audio, así como también, se recopiló en las carpetas temáticas la producción escrita de los participantes. Como segunda fase, al finalizar cada sesión, se escucharon los audios y se clasificaron en carpetas según la intención de la investigación. Estos además sirvieron de insumo para enriquecer el diario de campo en donde se registró de forma detallada lo que la investigadora observó en cada una de las sesiones de trabajo. Posteriormente, se transcribieron los audios. Después de transcritos los audios, se extrajeron las unidades que contenían enunciados con valor y se identificaron las expresiones en donde se visualiza el indicio de cada una de las categorías de análisis. Dichos enunciados son posteriormente codificados.

3.1 Criterios de análisis

Para la interpretación de las unidades seleccionadas se utiliza como técnica el análisis del discurso y se retoma como referente la propuesta por Rapley (2014) donde las unidades de análisis seleccionado se analizan con la intención de interpretar cómo se utiliza el lenguaje de los participantes y cómo éste se modifica al discurrir por la secuencia de enseñanza. Además, se retoma la propuesta de Candela (1999) donde el lenguaje es concebido como sistema de recursos que utilizan los sujetos para hacer constructos simbólicos, es decir, con el análisis del discurso, la investigadora buscó estudiar cómo se construyeron significados en la interacción. A través del análisis, se comprendieron las interpretaciones que los participantes frente al concepto de presión atmosférica durante la secuencia de enseñanza y cómo sus argumentos se modificaron a través de la experimentación hasta ser construcciones amparadas en modelos científicos.

Las unidades de análisis se discriminaron atendiendo a dos categorías apriorísticas: una referida al argumento y la segunda referida a la construcción social del conocimiento. La categoría en relación a la argumentación describe el proceso que reflejan los participantes durante la secuencia de enseñanza. La segunda categoría, nombrada como construcción social del conocimiento se subdivide en el carácter discursivo y en la construcción social del fenómeno; en ésta última se evidencia la relación de la filosofía de las prácticas experimentales en la comprensión del fenómeno. La primera permite evidenciar como se construye el conocimiento a través de los procesos discursivos, dialógicos, epistémicos y culturales.

3.2 Secuencia de enseñanza como marco para el registro de la información

La secuencia de enseñanza estuvo dirigida a estudiantes de quinto grado. Su diseño tuvo como eje principal la experimentación cualitativa guiada y exploratoria y algunos elementos históricos. El tiempo para su ejecución fue de un mes, 2 sesiones por semana, con una intensidad de 2 horas. Estuvo

configurada en cuatro fases, donde se incluyeron diversas actividades, algunas de ellas recopiladas en el rastreo bibliográfico y otras diseñadas por la maestra-investigadora. Se realizó el registro de la información a partir de la observación participante, diario de campo, cuestionarios y producciones orales registradas en audio. Además, como principio ético, se utilizó un consentimiento informado.

La primera fase de esta secuencia se denominó actividades de introducción. Este primer espacio se dinamizó a través de la presentación de un fragmento histórico denominado “el problema de la elevación del agua” que contextualizó a los estudiantes sobre la temática de estudio. Además, ponía en discusión dos explicaciones diferentes a un mismo fenómeno. La segunda fase se denominó introducción a la experimentación cualitativa, actividades diseñadas para favorecer en los estudiantes la comprensión de los contenidos científicos. La tercera fase se denominó experimentación cualitativa exploratoria y guiada. Las actividades desarrolladas aquí, permitieron evidenciar con mayor fuerza la relación equilibrada entre teoría y la experimentación para la construcción de conocimiento, además de su relación con los procesos argumentativos. Su objetivo fue Establecer una estrecha relación entre la manipulación del instrumento y los marcos conceptuales trabajados en la fase 2; Así como también, fortalecer procesos epistémicos y no epistémicos. En la tabla 3, se ejemplifican algunos elementos tenidos en cuenta en la secuencia de enseñanza. Finalmente, la última fase se denominó evaluación y autorregulación del proceso de aprendizaje. Este momento estuvo constituido por dos situaciones similares a las de la fase 1, ya que, era necesario establecer la pertinencia de la propuesta y analizar cómo esta forma particular de la experimentación influyó en la construcción de conocimiento científico escolar. Si bien el análisis se realizó a lo largo de toda la experiencia, en esta fase se esperaba que fueran explícitos algunos avances.

Tabla 3. Descripción de la fase 3.

Sesiones: 6 Tiempo promedio: 45 minutos. Instrumentos de investigación: Diario de campo, observación participante.
--

Recursos: Para la construcción de instrumentos meteorológicos se utilizó bombas, papel, vasos y pitillos.

Temática abordada:

Experimentación cualitativa y exploratoria

<p>Situación basada en la experimentación cualitativa y exploratoria</p>	<p>Se afianzan las comunidades de trabajo y se inicia con la construcción de barómetro, para ello se realizaron varios prototipos, a partir de las discusiones en los grupos de trabajo. Se hace necesario varios cambios en la escala de medida.</p>
<p>Situación basada en el Conocimiento Como Construcción Social</p>	<p>Analizan las causas de los aciertos y desaciertos en la construcción de instrumentos. Establece relación entre el barómetro, los marcos de referencia y se comparan otros instrumentos.</p>
<p>Situación basada en el Conocimiento Como Construcción Social</p>	<p>A través de la discusión en los equipos de trabajo se propone, defiende, negocia, valida y comparte significados y representaciones de los resultados obtenidos en la manipulación del instrumento.</p>
<p>Situación basada en el Conocimiento Como Construcción Social</p>	<p>El instrumento se utiliza como posibilidad para comprender fenomenologías. Comparan y discuten los diferentes prototipos construidos por los equipos, para refinar los propios.</p>
<p>Situación basada en el Conocimiento Como Construcción Social</p>	<p>Construcción de argumentos a partir de actividad experimental para exponer a su comunidad de aprendizaje como la presión atmosférica se encuentra influenciada por otras variables como: la lluvia y la temperatura. Registran durante una semana los valores obtenidos en pluviómetro, termómetro y barómetro.</p>
<p>¿La ciencia resuelve problemas de la vida cotidiana?</p>	<p>La presentación de la historia barométrica, narrada a través de una caricatura, permite identificar como el trabajo realizado por la ciencia resuelve problemas de la vida cotidiana. Para el caso particular, cómo el ingeniero Baliani necesita mejorar el sistema de acueducto para llevar el agua a todos los ciudadanos. Este fenómeno tiene de trasfondo la discusión sobre la presión atmosférica y la existencia del vacío.</p>
<p>¿La ciencia resuelve problemas de la vida cotidiana?</p>	<p>Los participantes pueden hacer Comparaciones entre los procedimientos realizados entre los científicos con los propios. Permite además presentar posturas utilizando los datos de sus observaciones.</p>

Elaboración de los autores.

3.3 Consideraciones éticas

Se entregó un consentimiento informado que fue aceptado por los participantes y sus cuidadores. Se dejó claro que sus producciones serían utilizadas solamente con fines investigativos. Se utilizan seudónimos para la identificación de las producciones.

4 Resultados

Los análisis de los datos registrados en la inmersión en campo son organizados y sistematizados bajo los criterios descritos en el apartado de metodología. A partir de éstos se realiza una interpretación organizada en las dos categorías de análisis.

4.1 Categoría 1: En relación a los procesos argumentativos

En la siguiente categoría se analiza el refinamiento de los argumentos desde el inicio hasta el final de la secuencia de enseñanza, retomando como instrumento para dicho análisis el MAT. Para la identificación de los cambios en los procesos argumentativos de los participantes, se retoma la propuesta de Osborne et al. (2002). Cada una de las producciones de los participantes fue analizada de forma individual (Sesión 1 y 16) atendiendo a los elementos presentes en sus enunciados.

En la tabla 3 y la figura 1 se presenta una comparación entre los niveles argumentativos identificados por los participantes al transitar por la propuesta de intervención.

Tabla 4. Elementos presentes en los argumentos. Sesión 1 y 16.

Participante	Elementos iniciales	Elementos finales
Satya	Afirmaciones con respaldos y garantías. Sin refutadores	Afirmaciones con respaldos y garantías. Refutadores claramente observables.
Juanita	Afirmación simple.	Afirmaciones con respaldos y garantías.

		Los refutadores son débiles u ocasionales.
Emmanuel	Afirmaciones con respaldos y garantías. Sin refutadores	Afirmaciones con respaldos y garantías. Refutadores claramente observables.
Juan	Afirmación simple.	Afirmaciones con respaldos y garantías. Sin refutadores.
Brayan	Afirmación simple.	Afirmaciones con respaldos y garantías. Sin refutadores.
Elisa	Afirmación simple.	Afirmaciones con respaldos y garantías. Sin refutadores.

Elaboración de los autores.

De la gráfica (Figura 1) se puede realizar algunas interpretaciones. Por un lado, se evidencia que en el primer momento la mayoría de los participantes (67%) se encuentran en el nivel más bajo de argumentación, ya que, realizan afirmaciones simples, además suelen usar conectores para establecer la relación causal entre los hechos y sus observaciones. El porcentaje restante (33%) corresponde a dos de los participantes que utilizaron, respaldos y garantías, sin embargo, en ninguno de los dos casos se utilizan refutadores. La mayoría de los participantes (67%) utilizan como premisa de partida la concepción alternativa sobre las propiedades del aire, además no evidencian claridad sobre las leyes que lo avalan.

Por otro lado, en la segunda valoración de los argumentos se puede establecer que todos los participantes tienen un avance, ya que, al menos se pasa de un nivel argumentativo a otro. Si bien, en algunos participantes como Brayan, Juan y Elisa (50%), solo pasan del nivel uno al dos, se exalta la claridad y profundidad en sus producciones, además amparan sus argumentos en modelos explicativos propios de la ciencia. El nivel que presentan los mencionados participantes está determinado por la ausencia de refutadores en sus argumentos, sin embargo, se resalta la relación que establecen entre sus fundamentos y conclusiones, además utiliza al menos un respaldo para dar fiabilidad a sus enunciados. La participante Juanita (17%) paso de

un nivel uno a tres, ya que presentó de forma implícita una refutación, además de respaldos y garantías. Los dos participantes restantes: Satya y Emmanuel (33%) presentan el nivel máximo del grupo, su valoración es de cuatro, y está determinado por la presencia de al menos un refutador. Ambos participantes tienen una mayor habilidad discursiva, identificado en el discurrir de la secuencia de enseñanza. Además, la mayoría de sus enunciados se encuentran amparados en pruebas, ya sean desde la experimentación o de otras vivencias que relacionan con el tema.

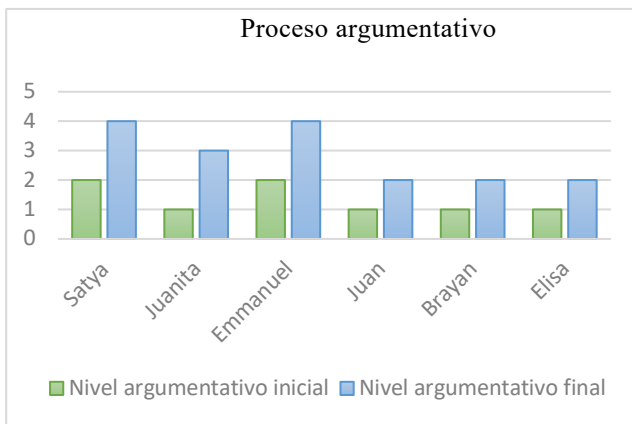


Ilustración 1. Comparación entre los niveles argumentativos de los participantes. Elaboración de los autores.

4.2 Categoría 2: Construcción social del conocimiento

La presente categoría estableció la influencia de la interacción, la experimentación, el contexto y los procesos discursivos en la construcción de conocimiento científico escolar. Se subdivide en las subcategorías de carácter discursivo y construcción social del fenómeno, además en cada una de ellas se establece una relación con la categoría anterior.

4.2.1 Carácter discursivo

Retomando las ideas de Candela (1999) la ciencia se asume como una construcción social, determinada

por procesos discursivos que se establecen a través de la interacción, donde se hace necesario establecer un código que permita externalizar lo que se piensa de forma que el interlocutor comprenda. Es entonces, a través de la interacción con la realidad y la cultura que se construyen representaciones de lo que se observa y se valida el conocimiento que se está construyendo. Dentro de las comunidades de aprendizaje se pudo observar cómo se establece este proceso. Se cita a continuación una unidad de análisis del equipo de la participante Elisa (Ilustración 3) donde se hace evidente cómo construyen el concepto de presión atmosférica.

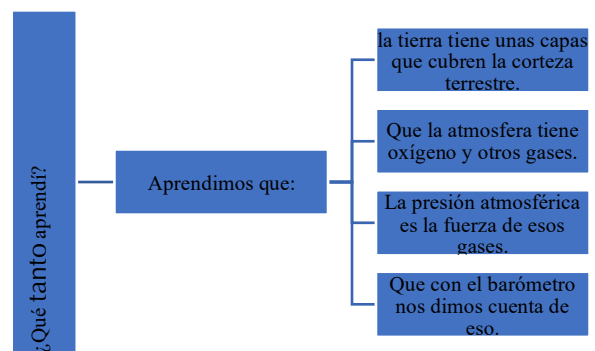


Ilustración 2. Producción grupal en torno al fenómeno. Producción Escrita 7 (PE7). Fuente: Los autores.

Lo anterior es una evidencia del avance que tienen los participantes, ya que, se pasa de argumentos retóricos a otros más racionales. Lo anterior se sustenta desde los estudios de Miranda (2000) donde se explicita que el argumento racional se caracteriza porque la conclusión se infiere de las premisas, además las legitimidades de sus razonamientos dependen de aspectos pragmáticos y contextuales, referidos a un marco discursivo.

Se puede interpretar, además, cuando escriben: “*que con el barómetro nos dimos cuenta de eso*”, el valor que le otorgan a la elaboración del instrumento para comprender las características de la atmósfera, específicamente determinan que “*la presión atmosférica es la fuerza de esos gases*” y sólo hasta la experimentación cualitativa exploratoria se puede llegar a tal inferencia. Retomado a Miranda (2000), las inferencias de éste tipo son propias de las ciencias experimentales, “en donde los nuevos conocimientos

a los que se llega son consecuencia lógica, de conocimientos previos (Miranda, 2000, p.18)

Cuando el participante es capaz de escribir lo que aprendió utilizando lenguaje propio de las ciencias naturales, se puede evidenciar cómo se ha traspasado la barrera dicotómica entre teoría y experimentación, por el contrario, se hace explícito que el participante no sólo observó, sino que además interpretó, escribió y habló sobre el hecho objeto de estudio. Se hace necesario insistir sobre éste punto en dos aspectos: por un lado, se evidencia un proceso metacognitivo, ya que no sólo se escribe en relación al tema, sino que además se verbaliza. Por otro lado, se evidenció que una persona desde lo personal tiende a “ver siempre las cosas de la misma manera” (Pujol, 2003, p. 83), pero el trabajar en colectivos exige escuchar puntos de vista divergentes que influyen en la toma de decisiones, ya sea porque se reafirma o transforma un punto de vista, cuando la participante Salome, dice:

“eso no cubre las capas de la tierra” ó argumenta que: “Pero eso no es capas, capas de la tierra”

Finalmente dice:

“Pero estamos hablando de la atmósfera y eso es una característica de la atmósfera, No es la atmósfera.”

Permite inferir que evidentemente la estudiante transformó su postura y ésta transición se dio en el trabajo con su comunidad de aprendizaje, dicha postura se puede evidenciar en la afirmación: “la tierra tiene unas capas que cubren la corteza terrestre”.

4.2.2 Construcción social del fenómeno

Durante las sesiones 10, 11 y 12 de la secuencia de enseñanza, se evidenció construcción conceptual en las comunidades de aprendizaje utilizando marcos de referencia propios de la ciencia. En otro momento de la secuencia no es tan evidente como en este momento, expresiones como:

“Que el barómetro registra la presión atmosférica” y “la presión atmosférica es una característica”.

Así mismo, se puede hacer otras inferencias como que los estudiantes no comprenden la presión atmosférica como una variable atmosférica aislada, si no, por el contrario, que ésta se relaciona con otras variables como la temperatura y el tiempo atmosférico, se hace evidente en expresiones como:

“Si el barómetro está bajo óseo que no hay tanta presión el clima está frío”

“El barómetro mide la presión atmosférica y el tiempo atmosférico está entre frío y nublado”

“Que cuando hay frío el barómetro no baja tanto”

Los participantes establecieron comparación entre otros marcos conceptuales más conocidos como la clasificación de las nubes, según su altura y lo relacionaron con sus observaciones y registros de datos a través del barómetro. Así mismo, con la comprensión de cómo funciona el termómetro erigen sus inferencias sobre cómo la variación en la temperatura influye en la presión atmosférica.

Los participantes del caso, a través de la experimentación pudieron hacer constructos por medio de la identificación de regularidades que al ponerlas en un marco de referencia cobran validez, tal como propone Duhem “un experimento físico es la observación precisa de un grupo de fenómenos acompañada de la interpretación de esos fenómenos. Esta interpretación sustituye los datos concretos obtenidos realmente de la observación por representaciones abstractas y simbólicas que le corresponden en virtud de las teorías admitidas por el observador”

(Duhem, 2003, p.193). Lo anterior aunado a las comunidades de aprendizaje posibilitó la comprensión del fenómeno.

La siguiente unidad de análisis permitieron comprender cómo la comparación de los instrumentos construidos y la identificación de sus regularidades posibilitó construir un modelo más estructurado y coherente sobre el fenómeno. El

participante Juan también explica el sistema, a partir de la diferencia de presión en dos lugares:

“En preescolar había más fuerza la bomba bajaba mucho más que en la terraza, eso lo hace la presión atmosférica”.

La participante Satya, hace explícito que, aunque existen instrumentos más sofisticados, se puede realizar un acercamiento para la comprensión del fenómeno:

“Nosotros usamos esos diferentes instrumentos para poder ver, aunque no usamos tantos tan avanzados como los que usan pues... a hora los científicos”

Además, identifica el barómetro como indispensable para percibir los efectos de la presión atmosférica sobre los cuerpos:

“también que el barómetro es el que más usamos porque ese es la que usaba la que-e-e-es más para poder ver la presión atmosférica”

El estudiante Juan, a través de la manipulación del instrumento construyó explicaciones y comprendió el fenómeno, estableciendo la variación de la presión con la altura. De forma implícita se puede determinar que cambió su idea sobre la incapacidad de pesar del aire y asume que la cantidad de aire que un objeto tiene sobre sí (*“que entre usted y el cielo (la capa de ozono) hay cierto aire que hace la presión atmosférica”*) puede variar según su altura. Además de la comprensión del fenómeno, el participante pudo acercarse de forma directa con las dinámicas científicas y los procesos de validación del conocimiento, afirmando que:

“eso lo vio Toricelli, aunque no creo que eso lo haya hecho con una bomba”.

El participante asume que realizó procedimientos propios de la ciencia, aunque también reconoce la simplicidad de su instrumento. Esta última afirmación también se hace evidente en la afirmación de la participante Satya:

“Nosotros usamos esos diferentes instrumentos para poder ver, aunque no usamos tantos tan avanzados como los que usan pues a hora los científicos, si no que usamos más como los (do it your self) que son hazlo tú mismo”.

5. Conclusiones y/o consideraciones finales

Es significativa la importancia que tiene en la enseñanza de las ciencias naturales, la experimentación cualitativa exploratoria y guiada, ya que, a través de su ejecución los participantes construyeron fenomenologías alrededor del concepto de presión atmosférica. Sin embargo, dicha actividad no tendría valor si se realiza de forma aislada, se hace necesario los colectivos de pensamiento que favorezcan procesos dialógicos y dialécticos. A lo anterior, se añade que los estudiantes tuvieron cercanía con uno de los procedimientos que utiliza la ciencia para validar sus conocimientos, desarrollando técnicas y habilidades propias de la disciplina.

Los procesos argumentativos se vieron favorecidos por dos aspectos. El primero, relacionado con el trabajo dentro de las comunidades de aprendizaje, que propiciaron el desarrollo de los procesos dialógicos, dialécticos, epistémicos, culturales y cognitivos. Este punto se pudo evidenciar en las producciones escritas de los participantes desde sus colectivos de trabajo. Hay otro aspecto clave y está relacionado con el nexo entre la teoría y experimentación, ya que ambas cobran validez y significado cuando se utilizaron para la comprensión del fenómeno de presión atmosférica. Así, por ejemplo, la carpeta temática utilizada para la organización y sistematización de la información sólo cobró significado para los participantes cuando realizan el barómetro.

Las comunidades de aprendizaje favorecen los procesos argumentativos, ya que solo en la interacción con el otro se reafirman o modifican posturas. Los estudiantes a través de mecanismo lingüísticos expresaron sus propios modelos sobre el fenómeno de estudio, haciéndose más evidente en etapas avanzadas de la secuencia de enseñanza, para ello utilizaron expresiones orales, dibujos y

organizadores gráficos. Siendo más fértil sus producciones orales en comparación con las escritas.

Los estudiantes reconocieron en su propio trabajo las prácticas que se realiza en comunidades científicas, identificando sus potencialidades, pero también sus limitaciones. En este punto, también se valoró que el conocimiento se transforma a través del tiempo, tal y como ocurrió con los modelos explicativos que utilizaban al inicio y al final de la secuencia de trabajo; quedando en evidencia que la ciencia y consigo los modelos que se utilizan para la comprensión de fenómenos son modificables y provisionales. Los datos que inicialmente respaldan un modelo, pueden ser luego utilizados para refutarlo.

Desarrollar habilidades que posibiliten una autorregulación del aprendizaje, despoja al maestro de la tensión de la evaluación como producto final. Se hace necesario que se considere la evaluación como un proceso constante que incluya valoraciones formativas para que el estudiante pueda identificar los aspectos que debe mejorar para alcanzar sus objetivos de aprendizaje.

Finalmente, se resalta el desarrollo de procesos meta cognitivos, ya que, los participantes establecieron comparaciones entre lo que pensaban al inicio y final de la intervención.

6. Referencias

Buitrago, Á., Mejía, N., & Hernández, R. (2013). La argumentación: de la retórica a la enseñanza de las ciencias. *Innovación educativa (México, DF)*, 13(63), 17-39. ISSN 1665-2673.

Duhem, P. (1914). *La teoría Física*. Barcelona.

Ferreirós, J., & Ordóñez, J. (2002). Hacia una filosofía de la experimentación. *Critica-Revista Hispanoamericana de Filosofía*, 34(102), 47-86. <https://republicachueca.com/wp-content/uploads/2014/09/AFerreirosyOrdenez.pdf>

Furman, M., & Podestá, M. (2014). *La aventura de enseñar Ciencias Naturales*. Editorial Aique Educación.

Fumagalli, L.(2001) *La Enseñanza de las ciencias naturales en el nivel primario de educación formal. Argumentos a su favor. La enseñanza de las*

Ciencias Naturales en la educación primaria. Secretaria de Educación Pública.

Henao, B. (2010). *Hacia La Construcción De Una Ecología Representacional: Aproximación Al Aprendizaje Como Argumentación, Desde La Perspectiva De Stephen Toulmin*. Universidad de Burgos.

Herrera, R. (2012). Historia del experimento barométrico. *Revista de investigación. Pensamiento matemático*, (2), 2-14.

Jiménez, A. (2010). *Competencias en argumentación y uso de pruebas: 10 ideas clave*. Editorial Graó.

Leitão, S. (2000). The potential of argument in knowledge building. *Human development*, 43(6), 332-360. <https://doi.org/10.1159/000022695>

Osborne, J., Erduran, S., & Simon, S (2006) Learning to Teach Argumentation: Research and development in the science classroom. *International journal of science education*, 28(2-3), 235-260. DOI: 10.1080/09500690500336957

Pujol, R. (2003). *Didácticas de las ciencias en la educación primaria*. Editorial Síntesis Educación.

Rapley, T. (2014). *Los análisis de la conversación, del discurso y de documentos en la investigación cualitativa*. Editorial Morata.

Romero, Á., Aguilar, Y., & Mejía, L. (2016). Naturaleza de las ciencias y formación de profesores de física. El caso de la experimentación. *Revista de Investigación Educativa*, (23), 75-98. <https://www.scielo.org.mx/pdf/cpue/n23/1870-5308-cpue-23-00075.pdf>.

Romero, A & Aguilar, Y. (2013). *La Experimentación y el desarrollo del pensamiento físico, Un análisis histórico y epistemológico con fines didácticos*. Editorial Universidad de Antioquia.

Stake, R. (1998). *Investigación con estudio de caso*. Madrid. Editorial Morata.

Toulmin, S. (2003). *Los usos de la argumentación*. Editorial Península.



RECONTEXTUALIZACIÓN DEL CONCEPTO DE HABITABILIDAD PLANETARIA DESDE UNA PERSPECTIVA AMBIENTAL

RECONTEXTUALIZAÇÃO DO CONCEITO DE HABITABILIDADE PLANETÁRIA SOB UMA PERSPECTIVA AMBIENTAL

RECONTEXTUALIZING THE CONCEPT OF PLANETARY HABITABILITY FROM AN ENVIRONMENTAL PERSPECTIVE

Jhon Daniel Pabón Rúa ¹ , Zayda Yaneth Sandoval Peña ² 
Yirsén Aguilar Mosquera ³ 

Pabón, D.; Sandoval, Z.; Aguilar, Y. (2023). Recontextualización del concepto de habitabilidad planetaria desde una perspectiva ambiental. *Góndola, Enseñanza y Aprendizaje de las Ciencias*, Número especial, v18, pp.1-12

Resumen

Se presentan algunos resultados de la investigación titulada: Recontextualización del concepto de Habitabilidad Planetaria a partir de un análisis histórico epistemológico de los planteamientos de J. Kasting. Se asumen los desafíos del mundo actual que señalan la necesidad de una enseñanza de las ciencias orientada a la formación de ciudadanos comprometidos ética y sociopolíticamente, sensibles a las problemáticas ambientales; capaces de construir nuevas formas de relación entre los seres humanos, con otras formas de vida y con la naturaleza en general. La investigación tuvo como objetivo recontextualizar el concepto de habitabilidad planetaria a partir de un análisis histórico epistemológico de los planteamientos J. Kasting. Se realizó un estudio con enfoque cualitativo mediante un estudio de caso con un grupo de estudiantes de básica secundaria. Se analizaron las relaciones entre el concepto de habitabilidad planetaria y la sensibilidad ambiental. Se tuvo en cuenta la emergencia de reflexiones y actitudes a partir del reconocimiento de condiciones que hacen posible la vida en el planeta, como la ubicación de la Tierra en el sistema solar y en la galaxia, la concentración adecuada de dióxido de carbono en la atmósfera y la importancia del estado del agua en estado líquido. Se encontró que la habitabilidad planetaria, por su entramado conceptual, ofrece elementos para la formación de ciudadanos sensibles ante el cuidado del ambiente, dado que permite reconocer el equilibrio necesario tanto a nivel astronómico como geológico para la existencia de vida en la Tierra y, en consecuencia, reflexionar

* Magister en Educación en Ciencias. Universidad de Antioquia, Colombia, jhon.pabon@udea.edu.co, dirección de ORCID. <https://orcid.org/0000-0001-5050-4125>

** Licenciada en Ciencias Naturales y Educación Ambiental. Universidad de Antioquia. Colombia. zayda.sandoval@udea.edu.co- ORCID <https://orcid.org/0000-0002-5459-2676>

*** Magister en Educación en Ciencias. Universidad de Antioquia. Colombia. yirsén.aguilar@udea.edu.co- ORCID <https://orcid.org/0000-0001-5159-7917>

acerca de las actitudes y acciones del ser humano frente a la preservación de dicho equilibrio. Los resultados dan cuenta de que la aproximación a este concepto favorece una comprensión sistémica del ambiente y la toma de conciencia sobre aquellas actividades antrópicas que pueden alterar las condiciones que sustentan la vida en el Planeta.

Palabras-Clave: Astronomía, habitabilidad planetaria, educación ambiental.

Abstract

Some results of the research entitled: Recontextualization of the concept of Planetary Habitability from a historical epistemological analysis of J. Kasting's approaches are presented. The challenges of today's world that point out the need for a science education oriented to the formation of ethically and socio-politically committed citizens, sensitive to environmental issues, capable of building new forms of relationship among human beings, with other forms of life and with nature in general, are assumed. The objective of the research was to recontextualize the concept of planetary habitability from a historical epistemological analysis of J. Kasting's approaches. A qualitative study was carried out through a case study with a group of high school students. The relationships between the concept of planetary habitability and environmental sensitivity were analyzed. The emergence of reflections and attitudes based on the recognition of conditions that make life on the planet possible, such as the location of the Earth in the solar system and in the galaxy, the adequate concentration of carbon dioxide in the atmosphere and the importance of the state of water in liquid form, were taken into account. It was found that planetary habitability, because of its conceptual framework, offers elements for the formation of citizens sensitive to the care of the environment, since it allows recognizing the necessary balance both at an astronomical and geological level for the existence of life on Earth and, consequently, reflecting on the attitudes and actions of human beings regarding the preservation of this balance. The results show that the approach to this concept favors a systemic understanding of the environment and awareness of those anthropic activities that can alter the conditions that sustain life on the planet.

Keywords: Astronomy, planetary habitability; environmental education.

Resumo

Apresentam-se alguns resultados da pesquisa intitulada: Recontextualização do conceito de Habitabilidade Planetária, a partir de uma análise histórico-epistemológica das abordagens de J. Kasting. Os desafios do mundo atual que apontam para a necessidade de uma educação científica orientada para a formação de cidadãos comprometidos ética e sociopoliticamente, sensíveis às problemáticas ambientais. Que sejam capazes de construir novas formas de relacionamento entre os seres humanos, com outras formas de vida e com a natureza em geral. A pesquisa teve como objetivo recontextualizar o conceito de habitabilidade planetária, tendo por base uma análise histórico-epistemológica das abordagens de J. Kasting. Um estudo qualitativo foi realizado através de uma avaliação de caso com um grupo de alunos do ensino médio. As relações entre o conceito de habitabilidade planetária e a sensibilidade ambiental

foram analisadas. Levou-se em conta a emergência do surgimento de reflexões e atitudes baseadas no reconhecimento de condições que tornam possível a vida no planeta, como a localização da Terra no sistema solar e na galáxia, a concentração adequada de dióxido de carbono na atmosfera e a importância do estado da água em seu estado líquido. Constatou-se que a habitabilidade planetária, devido a sua estrutura conceitual, oferece elementos para a formação de cidadãos sensíveis aos cuidados com o meio ambiente, já que lhes permite reconhecer o equilíbrio necessário, tanto a nível astronômico, quanto geológico para a existência da vida na Terra e, conseqüentemente, refletir sobre as atitudes e ações dos seres humanos em relação à preservação desse equilíbrio. Os resultados mostram que a abordagem deste conceito favorece uma compreensão sistêmica do meio ambiente e a conscientização das atividades antrópicas que podem alterar as condições que sustentam a vida no planeta.

Palavras-Chave: Astronomia, habitabilidade planetária; educação ambiental.

1. Introducción

Los procesos formativos tienen valor en la medida que contribuyen a que los estudiantes adquieran capacidades que permitan lograr un buen vivir. Autores como Hodson (2003), Lemke (2006), Gil y Vilches (2004), Pujol (2003) señalan la necesidad de una enseñanza de las ciencias orientada hacia la formación de ciudadanos comprometidos ética y sociopolíticamente, sensibles a las problemáticas ambientales; capaces de construir nuevas formas de relación entre los seres humanos, con otras formas de vida y con la naturaleza en general. Estos desafíos señalan la necesidad de una enseñanza de las ciencias contextualizada, que permita comprometerse con la toma de decisiones de manera crítica y responsable.

En la actual situación de emergencia planetaria, es necesario que la enseñanza de las ciencias desarrolle un sentido de pertenencia con la Tierra, que propicie actitudes de respeto y cuidado de la biósfera. Al respecto, Hicks y Holden (1995) plantean que si los estudiantes son quienes deben asumir la responsabilidad como ciudadanos del futuro, es necesario darles la oportunidad de reflexionar acerca de las problemáticas ambientales y ayudarles a pensar en futuras alternativas. Por tanto, es importante que los estudiantes sean conscientes de las condiciones que permiten la vida

en la Tierra y de las consecuencias de alterar dichas condiciones. Faltaría una comprensión de lo singular que es la vida en el Universo observable y de las condiciones que permiten su existencia, capaz de suscitar actitudes de admiración y cuidado que integren el pensamiento, el sentimiento y la acción (Pujol, 2003).

Como tentativa para abordar estas situaciones, se plantea una recontextualización del concepto de habitabilidad planetaria, a partir de un análisis histórico epistemológico, por considerarlo un concepto potente en la generación de actitudes éticas y responsables ante el planeta.

Se presentan algunos resultados de la investigación titulada: Recontextualización del concepto de Habitabilidad Planetaria a partir de un análisis histórico epistemológico de los planteamientos de J. Kasting, la cual tuvo como propósito Recontextualizar el concepto de habitabilidad planetaria, para su enseñanza, a partir de un análisis histórico – epistemológico de los planteamientos de J. Kasting. Aquí se entiende la recontextualización como el proceso de situar en nuevo contexto los modos de significar y de proceder que hicieron posible las teorías y conceptos de la ciencia, a fin de construir nuevos sentidos y modos de significar.

Para este propósito se propicia un escenario de discusión alrededor de la habitabilidad planetaria que, a juicio de los investigadores, favorece el desarrollo de habilidades de pensamiento crítico y la toma de decisiones responsables e informadas cuando se establece relación con el ambiente. Se presentan relaciones entre el concepto de habitabilidad planetaria y la sensibilidad ambiental. Estas relaciones se establecen a partir del reconocimiento de las condiciones que hacen posible la vida en el planeta: la ubicación de la Tierra en el sistema solar y en la galaxia, la concentración adecuada de dióxido de carbono en la atmósfera y la importancia del estado líquido del agua.

Igualmente, se señala que, la habitabilidad planetaria, por su entramado conceptual, ofrece elementos para la formación de ciudadanos sensibles ante el cuidado del ambiente, dado que permite reconocer el equilibrio necesario tanto a nivel astronómico como geológico para la existencia de vida en la Tierra y, en consecuencia, reflexionar acerca de las actitudes y acciones del ser humano frente a la preservación del equilibrio. Los resultados dan cuenta de que la aproximación a este concepto favorece una comprensión sistémica del ambiente y la toma de conciencia sobre aquellas actividades antrópicas que pueden alterar las condiciones que sustentan la vida en el Planeta.

2. Marco de Referencia

Este marco se estructura a partir de algunos aspectos planteados por Kasting que hacen posible la vida en la Tierra: ubicación en la galaxia y en Sistema Solar, la importancia del estado líquido del agua, la masa de la Tierra, el Ciclo del carbono y, la habitabilidad planetaria y conciencia ambiental.

2.1 Recontextualización del concepto de habitabilidad planetaria desde la perspectiva de James Kasting

Kasting es un reconocido profesor de Geociencias en la Universidad Estatal de Pensilvania. Es experto en la evolución atmosférica planetaria y junto a la NASA

trabaja activamente en la búsqueda de planetas habitables fuera de nuestro sistema solar. Realizó sus estudios en la Universidad de Harvard y la Universidad de Michigan, en las cuales recibió su Ph.D. en ciencias de la atmósfera en 1979. Kasting tiene en cuenta los niveles de abstracción que implica el estudio de la astrobiología por ser un campo en el que no se tiene fácil acceso a los elementos experimentales y al control de variables, debido a las dimensiones que implica el estudio de esta disciplina. En atención a esta necesidad, emplea distintos modelos astronómicos y climáticos a fin de recrear condiciones y realizar predicciones que posteriormente son confrontadas a nivel experimental y observacional (Walker y Kasting, 1991; Kasting et al., 1993; Kasting, 2010).

Entre las condiciones clave para la vida en el planeta se destacan:

2.2 Ubicación en la galaxia

El centro de nuestra galaxia es bastante activo, explosiones de supernova, emisión de rayos gamma y constantes perturbaciones gravitatorias son algunas de sus características. Por el contrario, en el extremo de los brazos espirales de la galaxia hay un ambiente más tranquilo, sin embargo, la metalicidad en esta zona es demasiado baja e impide la formación de planetas rocosos capaces de retener la atmósfera necesaria para el desarrollo de la vida. De aquí surge el concepto de habitabilidad galáctica, el cual fue introducido por primera vez por Ward y Brownlee en un trabajo conjunto con González. Estos autores afirman que aun teniendo el planeta las condiciones óptimas para albergar vida, el no estar en la zona de habitabilidad galáctica, las probabilidades de que la vida evolucione son muy bajas. “Para determinar las fronteras de la zona galáctica de habitabilidad deben satisfacerse dos criterios: disponibilidad del material para crear el planeta habitable y aislamiento adecuado, libre de amenazas cósmicas” (González, Ward y Brownlee, 2001, p. 60).

2.3 Ubicación en el Sistema Solar

En un sistema planetario, los astrónomos llaman zona de habitabilidad circumestelar (ZHC) a los lugares idóneos para el desarrollo de la vida. Indica, en general, la región en torno a una estrella donde puede persistir agua líquida en la superficie de un planeta, al menos durante algunos miles de millones de años. La Tierra se encuentra en esta zona de habitabilidad (HZ), ni demasiado cerca del sol para que los océanos se evaporen, ni demasiado lejos para que se congelen.

2.4 El agua: requisito fundamental para la vida

Kasting (2010) hace una interesante descripción de las características del agua en la que destaca razones por las que la biología depende del agua líquida. Analiza su geometría molecular y características que se desprenden de la misma. El agua es considerada el disolvente universal. Es una molécula polar, ya que, por la distribución de sus electrones, el oxígeno adquiere una ligera carga negativa y el hidrógeno una ligera carga positiva, esto hace que pueda disolver otras moléculas polares.

Otra propiedad del agua que favorece la vida es su alta capacidad calorífica, proporcionada por los puentes de hidrógeno, ya que al calentar el agua gran parte de la energía se invierte en separar dichos enlaces, quedando así menos energía disponible para incrementar el movimiento de las moléculas y, en consecuencia, para producir aumentos de temperatura se requiere más energía térmica. Esta propiedad del agua es uno de los factores que permiten un equilibrio térmico en nuestro planeta.

2.5 Masa del planeta

Un planeta habitable debe tener una corteza sólida y ser capaz de mantener agua gravitacionalmente (Huang, 1960). Si bien, la composición de la atmósfera y el agua líquida son factores importantes para la habitabilidad, lo que permite mantenerlos sujetos al planeta es precisamente la fuerza gravitatoria que la Tierra ejerce sobre ellos.

2.6 Ciclo del Carbono

El ciclo del carbono se divide en dos partes: el ciclo del carbono orgánico que regula las concentraciones de O₂ en la atmósfera (ciclo rápido) y el ciclo del carbonato silicato que regula el clima (ciclo lento); “el CO₂ se elimina de la atmósfera por la meteorización de silicatos de calcio y magnesio en las rocas y la posterior precipitación y el entierro de sedimentos carbonatados” (Kasting et al, 1993, p. 109).

Por medio de la fotosíntesis, grandes cantidades de carbono son fijadas por las plantas y parte de este carbono ha quedado almacenado en los depósitos fósiles. El carbono es continuamente reciclado y tanto plantas como animales respiran O₂ y exhalan CO₂. Las plantas son sumideros de dióxido de carbono y productoras netas de Oxígeno. Los animales al alimentarse también absorben Carbono y cuando estos mueren los descomponedores convierten la materia orgánica en dióxido de carbono que posteriormente es liberado a la atmósfera.

2.7 Habitabilidad planetaria y conciencia ambiental

Vivimos en un planeta que ofrece un ambiente ideal y hospitalario para la vida, no obstante, tenemos poca comprensión de los factores que la posibilitan o que la ponen en peligro. Por ejemplo, el proceso de industrialización causó grave impacto ambiental afectando la mayoría de los ecosistemas de la Tierra a un ritmo vertiginoso, tanto que se ha puesto en peligro el equilibrio atmosférico de nuestro planeta, el cual ha sido resultado de un proceso que ha tardado millones de años en estabilizarse. Las grandes cantidades de dióxido de carbono y otros gases emitidos a la atmósfera, por acción del ser humano, atentan directamente contra la habitabilidad del planeta en la medida que modifican la cantidad de gases efecto invernadero, necesarios para mantener una temperatura óptima.

3. Metodología

Por tratar de comprender cómo con el concepto de habitabilidad planetaria, se pueden movilizar procesos de formación de ciudadanos críticos y sensibles a las situaciones ambientales, la investigación se realizó desde un enfoque cualitativo (Hernández, Fernández y Baptista, 2010); en tal sentido, su carácter flexible y la interpretación permanente fueron aspectos característicos que permitieron la asignación de significados a las maneras como los casos explican sus acciones y a las reflexiones que plantean en relación con situaciones ambientales.

El interés de la investigación estuvo orientado a comprender la manera cómo se pueden vincular los saberes disciplinares con la vida de los estudiantes. En este contexto se pretendía comprender cómo puede contribuir la enseñanza del concepto de habitabilidad planetaria, a la promoción de una conciencia ambiental que genere actitudes de cuidado hacia el planeta, en la medida que el ser humano se asuma como parte del sistema. Como método se optó por el estudio de caso instrumental (Stake, 2010), puesto que el interés de los investigadores se centró en analizar los discursos de los casos, a fin de identificar sus modelos explicativos respecto a la relación del concepto de habitabilidad planetaria y la responsabilidad ambiental.

3.1 Recolección de la información

La investigación se llevó a cabo en la Institución Educativa San Juan Bosco del municipio de Medellín, Colombia. Se seleccionaron cuatro Casos (en adelante C) con edades que oscilaban entre los 12 y los 13 años. El proceso de recolección de la información se desarrolló en siete sesiones, cada una con una duración de dos horas. Las técnicas para recolectar la información fueron: entrevistas semiestructuradas, observación participante y talleres. Como instrumentos se utilizaron los protocolos de entrevistas, los diarios de campo, talleres prácticos y una guía de video foro.

3.2 Sistematización de la información

La sistematización se realizó en matrices de doble entrada. Para la organización de la información se procedió a la selección de párrafos y frases como unidades de análisis a fin de identificar las categorías tanto apriorísticas como emergentes.

3.3 Sistema de categorías

La identificación de las categorías (ver tabla 1), subcategorías e indicios, fue resultado del análisis documental y conceptual, el cual tomó como referente algunas reflexiones acerca de la Habitabilidad Planetaria que se discutirán en el apartado siguiente. Esta red de categorías se constituyó en el eje articulador y orientador del proceso de investigación. Para dar cuenta de los propósitos de la investigación, se integró la información a partir del análisis categorial, lo que configuró un corpus coherente que reflejó lo que se denominó hallazgos (resultados). Las estrategias para lograr confiabilidad en el proceso de obtención de la información fueron los pilotajes del cuestionario y las entrevistas, así como la triangulación entre estamentos, instrumentos e investigadores.

Tabla 1. Categorías y subcategorías para el análisis de la información.

Categorías de análisis		
Apriorísticas	Subcategorías	Emergente
Reconocimiento de las condiciones que permiten la vida en un planeta y su importancia	La ubicación de la Tierra en el universo como una condición que limita el desarrollo de la vida en el planeta	Indicios de una visión sistémica de la vida en el universo
	El agua líquida como condición que permite la vida en un planeta	
	Concentraciones adecuadas de CO ₂ , como condición que permite la vida en un planeta	
Relación entre el conocimiento de las condiciones que permiten la vida y las actitudes del ser humano		

Relación entre el conocimiento de las condiciones que permiten la vida y las acciones del ser humano

Categorías de análisis. **Fuente:** Los Autores.

4. Resultados

4.1 Condiciones que hacen a un planeta apto para la vida

En la búsqueda de planetas que puedan albergar vida, los científicos plantean interrogantes como: ¿Qué hace que la Tierra sea un lugar apto para albergar la vida? ¿Cuáles son las características que la hacen habitable? “La palabra ‘habitable’ significa ‘apto para vivir en (o sobre)’, y la vida no se puede originar sin habitabilidad” (Lammer et al., 2009, p. 183).

Es importante resaltar que los Casos (informantes) presentan algunas coincidencias con los planteamientos del teórico en cuanto a las características que debe tener un planeta para sustentar vida. En concordancia con los planteamientos de Kasting (2010), el C1, logra establecer una relación entre el hecho de que el planeta tenga agua en estado líquido y su posición respecto a la estrella que orbita. Sobre esto argumenta que es importante “ya que su posición podría afectar el clima y estados del agua” (C1); a juicio de los investigadores este es un indicio de acercamiento al concepto de zona de habitabilidad planetaria. Por su parte, algunos teóricos muestran la importancia de dicha condición, cuando afirman: “usaremos la presencia de agua líquida como nuestro criterio de habitabilidad (...) nos referiremos a la región con agua líquida como Zona de Habitabilidad (HZ), reconociendo que no todos los planetas en esta región serían adecuados para hogares humanos” (Kasting et al., 1993, p. 109).

Por su parte, el C4 considera que el ser humano está alterando dichas condiciones e invita a ejercer actitudes de cuidado. Considera que, en un nuevo plante, la habitabilidad es el primer elemento que se

investiga y cuestiona “¿pero por qué se investiga eso primero?, yo creo que es porque tenemos miedo de que no encontremos formas de revertir los daños que hemos causado en el planeta y que cuando destruyamos este, nos vamos a habitar otro planeta” (C4). Agrega que “antes de descubrir nuevos planetas habitables para nosotros, debemos preocuparnos más por preservar la vida en la Tierra...” (C4). Reconoce la Tierra como el hogar que compartimos los seres humanos, e invita a priorizar el cuidado de la vida en ella, más que la búsqueda de vida en otros planetas. En términos generales, se puede decir que entre las condiciones que hacen a un planeta apto para la vida, y que pueden relacionarse con las acciones ambientalmente responsables de los seres humanos, se destacan la ubicación y posición del planeta, la presencia de agua líquida en el planeta y las adecuadas concentraciones de dióxido de carbono para la regulación del clima planetario.

4.2 La ubicación del planeta en el universo: un factor clave para la existencia de vida

Para que un planeta sea habitable debe contar con la ubicación adecuada alrededor de la estrella y la galaxia. Al indagar sobre este aspecto, los participantes destacan la importancia de la zona en la que se encuentra la Tierra respecto a la galaxia, describiéndola como un lugar apropiado para el desarrollo de la vida. Al respecto dicen: “Lo que más me llama la atención es que estemos en un lugar tan exacto para originar vida” (C1). La Tierra como parte del sistema solar se encuentra ubicada en la zona de habitabilidad galáctica, una región alejada del centro de la galaxia, caracterizado por tener una alta actividad que impediría el desarrollo de vida.

En relación con la zona de habitabilidad galáctica el C3 afirma: “Me parece que nuestro Sistema Solar está como en la mejor parte de la galaxia” (C3). Lo anterior concuerda con los planteamientos de Kasting (2010) cuando señala que:

Los planetas que orbitan alrededor de estrellas que están demasiado próximas al centro de la galaxia son

más propensos a tener sus órbitas perturbadas por encontrarse cerca de otras estrellas, y son también más propensos a encontrarse en las proximidades de los acontecimientos catastróficos tales como supernovas y las explosiones de rayos gamma. (p. 270)

En este sentido el C2 considera que el conocimiento sobre las zonas de habitabilidad da pie para argumentar por qué existe la vida al afirmar que: “es muy interesante el tema de las partes en que se divide la Vía Láctea porque gracias a esto argumentamos acerca de las condiciones de vida en nuestro planeta” (C2).

Para realizar una aproximación a lo que sucede en el Sistema Solar con la temperatura de cada planeta, según la distancia a la que se encuentra del Sol, se propuso un ejercicio de modelización en el que, utilizando un termómetro y una lámpara de luz infrarroja se observaba la variación de la temperatura con la distancia. A partir de esta experiencia los participantes hicieron algunos análisis básicos que coinciden con estudios actuales en el tema. El C4, al hablar de la ubicación del planeta en el Sistema Solar como condición para la vida, afirma: “Esta es una característica principal para saber qué posibilidad de vida hay en un planeta” (C4) y añade:

[...] se supone que los planetas les favorece estar cerca de una fuente de calor, pero no demasiado cerca, porque esta ayuda a que se condicionen las características para tener un clima regular que favorezca la habitabilidad planetaria, como en el caso del planeta Tierra, no está ni demasiado cerca, ni demasiado lejos; demasiado cerca crearía altas temperaturas imposibilitando la sustentación de la vida, y si está demasiado lejos sería igual, pero en vez de mucho calor, sería frío. (C4)

El conocimiento del lugar que ocupa la Tierra en el universo permitió a los casos ampliar el espectro de argumentos para dar cuenta de la existencia de vida en el planeta y establecer relaciones de interdependencia entre la posición de la Tierra, su estrella y la existencia de agua líquida.

4.3 El agua: factor esencial para la habitabilidad de un planeta

A la hora de definir los requisitos para que un planeta pueda sustentar la vida, la presencia de agua está entre los principales requisitos. A partir de la presencia de agua se definió el concepto de zona de habitabilidad el cual se desarrolló atendiendo a lo que Shapley (1953) llamó ‘cinturón de agua líquida’ para referirse a la zona alrededor de una estrella que permite la existencia de agua en estado líquido en la superficie de un planeta (Citado en Kasting, 2010). Con lo anterior estaba reconociendo que el agua líquida es de vital importancia para todas las formas de vida conocidas (Kasting, 2010).

Ante esto, C3 afirma:

...todos los seres vivos dependemos de una fuente vital o sea de algún líquido como el agua. Y yo diría que si llegara a escasear no sólo los humanos empezaríamos a desaparecer sino también los animales, plantas... Porque, además, de ellos dependemos nosotros. (C3)

Como se puede apreciar, el C3 reconoce el agua como una necesidad común para los seres humanos y otros seres vivos, además identifica la dependencia que tiene la especie humana de las otras formas de vida, aspecto que puede ser aprovechado formativamente para suscitar la reflexión en torno a temas de cuidado de los ecosistemas, tanto de sus factores bióticos como abióticos, de los cuales depende la biodiversidad presente en el planeta.

Los casos reconocen el agua como factor indispensable para la vida y también señalan que el cambio en la temperatura afecta otras variables de las cuales dependen los seres vivos: “todo se relaciona con la temperatura y el ambiente de esta manera si se afecta el agua, se afecta el alimento, el suelo y la producción de cosas sumamente importantes para nosotros” (C2).

Esto cobra gran interés en la enseñanza de las ciencias sí, a partir de la aproximación a las

condiciones astrofísicas y geológicas que permiten la existencia de agua líquida en la superficie de la Tierra, se identifican aquellas intervenciones humanas que pueden contribuir al cuidado o al deterioro de tales condiciones.

4.4 El ciclo del carbono y la regulación del clima terrestre

La atmósfera no siempre ha tenido las mismas características, las concentraciones de los gases que la conforman han cambiado a través del tiempo hasta establecer un equilibrio que permite el desarrollo de la vida como hoy la conocemos. Entre los gases que componen la atmósfera se encuentran los llamados efecto invernadero. Si bien son varios los gases que proporcionan estabilidad térmica y que contribuyen a las condiciones de habitabilidad del planeta, en esta ocasión, la atención se centró en el CO₂, por ser un gas sobre el cual el ser humano ha generado mayor impacto en las últimas décadas, debido tanto a la alta actividad industrial como al uso de combustibles fósiles, que alteran las concentraciones de este gas y con ello el equilibrio del cual depende la vida.

Los Casos reconocen que las plantas desempeñan un papel importante como agentes reguladores de CO₂ y O₂. Especialmente, el C1 dice que con “la tala de árboles estamos perdiendo lo que transforma el CO₂ en oxígeno y si no tenemos esos convertidores, el CO₂ seguirá así o aumentará y las concentraciones de O₂ disminuirán considerablemente” (C1). Por su parte, el C4 establece una relación de dependencia entre las plantas y los demás factores de un ecosistema, entre ellos las concentraciones de CO₂ y Oxígeno, cuando afirma que: “la mínima variación en un ecosistema puede afectar todo este, con la tala de árboles estos van reduciendo el proceso del reciclaje del CO₂ y va disminuyendo el proceso de liberación del oxígeno, haciendo una diferencia notable en el aumento de CO₂ y cómo va disminuyendo el O₂” (C4).

El CO₂ es un gas efecto invernadero, tiene una función como regulador del clima planetario al

retener parte de la radiación solar y proporcionar una temperatura óptima para la vida como hoy la conocemos. Por ello, es importante que permanezca en la concentración adecuada ya que su variación afecta directamente el clima de la Tierra. Sabemos que, por medio del ciclo orgánico del carbono, las plantas y los descomponedores contribuyen en la regulación de los niveles de CO₂ y O₂; sin embargo, el carbono tiene también un ciclo inorgánico, el cual es poco conocido, pese a desempeñar un papel fundamental en la estabilidad climática de la Tierra.

Según las consideraciones anteriores y a fin de propiciar actitudes y acciones responsables frente al ambiente, se hace necesario que las personas reconozcan el papel que desempeña el CO₂ como agente regulador del clima.

4.5 El conocimiento: Fundamento para la acción

Es común que los seres humanos identifiquen claramente el deber ser, de donde surgen con frecuencia sus ideologías y sus utopías. Sin embargo, cuando se va al plano de la práctica, se encuentran con contradicciones, dado que en muchos casos ha faltado el proceso formativo que ofrezca al sujeto las herramientas necesarias para llevar a cabo de manera coherente aquellas ideas y convicciones que posee.

Una de estas herramientas es el conocimiento, en la medida que permite al ser humano fundamentar sus acciones y, por tanto, la capacidad de desenvolverse en la sociedad de forma coherente.

Es necesario reflexionar sobre el hecho de que hace millones de años la Tierra ha ofrecido las condiciones que posibilitan la existencia vida. En un proceso extenso y complejo se ha establecido un equilibrio tal que permite a los organismos disfrutar de un ambiente estable para vivir. Sin embargo, pareciera que el hecho de poder respirar, de contemplar la biodiversidad de fauna y flora que tiene el planeta, de tener una temperatura planetaria adecuada y de poseer siempre agua líquida disponible se haya vuelto algo trivial para el

ser humano. En consecuencia, sus acciones no están fundamentadas en criterios que permitan cuidar las condiciones que favorecen el desarrollo de la vida.

La Tierra ofrece un ambiente ideal y hospitalario para la vida, no obstante, usualmente se tiene poca comprensión de los factores que la posibilitan o que la ponen en peligro. Con respecto a esto, los casos expresan que el ser humano en muchas ocasiones actúa inconscientemente o de forma ignorante ante las condiciones que permiten la vida en la Tierra, causando daños al hábitat que compartimos con los otros seres vivos. Sobre este particular el C1 señala:

Se nos ha dado la Tierra, es el único lugar conocido donde hay vida o puede haber y al estarlo destruyendo no me sorprendería si en un futuro cercano se agota el oxígeno, se contamine tanto el planeta que ya no sea propicio para la vida humana, animal y las plantas. (C1)

Por su parte, el C2 parece reconocer que las problemáticas ambientales obedecen a determinados intereses sociales que influyen en las relaciones que se establecen con la naturaleza. Al respecto plantea que:

El ser humano se comporta ignorante ante el desperdicio y el mal que realiza en la Tierra, pareciera que no se enterara de la manera en que perjudica al planeta con su contaminación y guerras por un postulado momentáneo, es decir por un poder momentáneo. (C2)

No obstante, la humanidad parece no ser consciente de la serie de factores que hacen posible la vida en la tierra. El hecho de que el ser humano se reconozca como una de las formas de vida de la Tierra, implica asumir que hace parte de un sistema, en el cual, como cualquier otro organismo, desempeña un papel determinante para mantener el equilibrio ecosistémico.

5. Consideraciones finales

Durante la investigación se identificaron como elementos estructurantes del concepto de habitabilidad planetaria una serie de factores que

hacen posible la existencia de vida en un planeta, de ellos los investigadores consideraron pertinente destacar la ubicación del planeta en la galaxia, la presencia de agua líquida en su superficie y el CO₂ como agente termorregulador. El reconocimiento del papel que desempeñan estos factores en el desarrollo de la vida en la Tierra permitió reflexionar acerca de las relaciones que el ser humano establece con su entorno, encontrando en estos elementos estructurantes del concepto de habitabilidad planetaria, fundamentos que pueden desencadenar actitudes y acciones responsables frente al ambiente.

El concepto de habitabilidad planetaria, por su entramado conceptual, ofrece elementos útiles en la formación de ciudadanos sensibles y proactivos ante el cuidado del ambiente, en la medida que permite reconocer el equilibrio necesario, tanto a nivel astronómico como geológico, para la existencia de vida en la Tierra, y en este sentido, reflexionar acerca de las actitudes y acciones del ser humano frente a la preservación de dicho equilibrio.

En un mundo en el que continuamente se hacen evidentes los impactos negativos del ser humano sobre el ambiente y la urgencia de generar estilos de vida alternativos, la enseñanza del concepto de habitabilidad planetaria, puede responder a las necesidades contextuales de los estudiantes; ya que a partir de la formación en ciencias, pretende ofrecer elementos que contribuyan a generar compromiso desde la convicción y la adquisición de argumentos sólidos, que a su vez, motiven y fundamenten actitudes y acciones de cuidado de las condiciones que permiten la vida en la Tierra.

De igual manera, cabe resaltar el aporte que hicieron los casos al presente trabajo; su disposición, interés, criticidad y apertura facilitaron que los investigadores lograran explicitar aquellos significados que las estudiantes habían construido, en torno a la relación entre los imaginarios de vida en el universo y las acciones del ser humano con la naturaleza.

Igualmente se pudo establecer que la perspectiva histórico epistemológica de las ciencias, ofrece herramientas valiosas para resignificar el conocimiento científico con una intención pedagógica, a fin de llevarlo al campo de la enseñanza, mediante procesos de recontextualización, en el que la ciencia es comprendida como una construcción cultural. Además, otorga la posibilidad al maestro de cuestionarse, y en este caso pensar la enseñanza de las ciencias como una oportunidad para favorecer el debate y la reflexión sobre los límites que tiene la Tierra y sobre la responsabilidad ética que tiene el sujeto frente a la biósfera.

6. Referencias

- Gil D., Vilches A. (2004). Contribución de la ciencia a la cultura ciudadana. *Cultura y Educación* 16(3), 259-272.
- Hernández R., Fernández C., Baptista P. (2010). *Metodología de la Investigación*. Mc Graw Hill.
- Hicks D., Holden C. (1995). Exploring the future: A missing dimension in environmental education. *Environmental Education Research* 1(2), 185-193.
- Hodson D. (2003). Time for action: Science education for an alternative future. *International Journal of Science Education* 25 (6), 645 -670.
- Hodson, D. (2013). La Educación en Ciencias como un llamado a la acción. *Archivos de Ciencias de la Educación*, 7 (7).
- Huang, S. (1960). The Sizes of Habitable Planets. *Publications of the Astronomical Society of the Pacific* 72 (429), 489—493.
- Kasting J., Whitmire D., Reynolds R. (1993). Habitable zones around main sequence stars. *Icarus*, (101), 108–128.
- Kasting J. (2010). *How find a habitable planet*. University Press.
- Lammer H., Bredehöft J., Coustenis A., Khodachenko M., Kaltenecker L., Grasset O., Prieur D. (2009). What makes a planet habitable? *Springer-Verlag. Astron Astrophys Rev* (17), 181–249.
- Lemke J. (2006). Investigar para el futuro de la educación científica: nuevas formas de aprender, nuevas formas de vivir. *Enseñanza de las Ciencias*, 24(1), 5–12.
- Pujol R.M. (2003). Un marco educativo para la escuela primaria en la sociedad actual. *Didáctica de las ciencias en la educación primaria*, 15 - 43.
- Stake R. E. (2010). *Investigación con estudio de casos* (5ª ed.). Ediciones Morata.
- Walker, J., & Kasting, J.F., (1991). Effects of fuel and forest conservation on future levels of atmospheric carbon dioxide. *Palaeogeogr., Palaeoclimatol., Palaeoecol. (Global Planet. Change Sect.)*, 97, 151-189.
- Ward P., Brownlee D. (2003) *Rare Earth: Why Complex Life is Uncommon in the Universe*. Copernicus Books.

**PROPUESTA METODOLÓGICA PARA LA SOLUCIÓN DE UN PROBLEMA DE
CONSERVACIÓN DE ENERGÍA EN DOS GRUPOS POBLACIONALES**

**METHODOLOGICAL PROPOSAL FOR SOLVING AN ENERGY CONSERVATION PROBLEM
IN TWO DIFFERENT GROUPS**

**PROPOSTA METODOLOGICA PARA A SOLUCAO DE UM PROBLEMA DE
CONSERVACAO DA ENERGIA EM DOIS GRUPOS DIFERENCIADOS**

Iveth Margeny Mendoza Gómez 1* , Alvaro Esneider Jara Huerfano 2 **

Mendoza, I.; Jara, A. (2023). Propuesta Metodológica para la solución de un problema de conservación de energía en dos grupos poblacionales. *Góndola, Enseñanza y Aprendizaje de las Ciencias*, v18, número especial, pp.1-9.

Resumen

La modelización y argumentación en la enseñanza de la física son factores fundamentales en la resolución de problemas usando como herramienta principal la matemática, en esta premisa centramos nuestra investigación, allí el principio fundamental de la resolución de problemas se centra en poder representar matemáticamente una expresión que permita obtener un resultado. Sin embargo, la resolución de problemas en el área de la física conlleva un trabajo más juicioso encaminado a seguir un proceso al que denominamos descripción – análisis – interpretación – cálculo (DAIC), tomamos como población 2 grupos de estudiantes de 2 proyectos curriculares diferentes (Matemáticas y Licenciatura en Física de la Universidad Francisco José de Caldas) quienes asisten a un espacio académico cuyo contenido es similar. La investigación pretende mostrar la manera en la que estos dos grupos enfrentan la solución de un problema de conservación de energía siguiendo el proceso D-A-I-C. Como fase inicial se plantea un problema típico y se pide que se presente una solución sin hacer uso de un modelo matemático, posteriormente se realiza un análisis conceptual de la situación problema, seguido de la resolución del

*Master of Science in Physics. Universidad Distrital Francisco José de Caldas. Colombia. immendozag@udistrital.edu.co - ORCID <https://orcid.org/0000-0003-2769-2126>

**Especialización en Bioingeniería. Universidad Distrital Francisco José de Caldas. aejarah@udistrital.edu.co. – ORCID <https://orcid.org/0000-0001-6656-5053>

problema haciendo uso de una representación matemática (ecuación), finalmente se propone una actividad experimental que permita concluir y comparar las hipótesis realizadas en cada una de las fases. La actividad se realiza de manera independiente con estudiantes de los 2 proyectos curriculares para realizar la comparación entre las respuestas obtenidas de cada población.

Palabras-Clave: resolución de problemas, matematización, formación del concepto, clase experimental

Abstract

Modeling and argumentation in the teaching of physics are fundamental factors in problem-solving using mathematics as the main tool. This is the premise of our research, where the fundamental principle of problem-solving is centered on mathematically representing an expression that leads to a solution. However, problem-solving in physics requires a more judicious approach, following a process we refer to as Description-Analysis-Interpretation-Calculation (DAIC). We selected two groups of students from two different curriculum projects (Mathematics and Physics Education at Francisco José de Caldas University) who attend an academic space with similar content. The research aims to show how these two groups approach the solution of an energy conservation problem following the D-A-I-C process. As an initial phase, a typical problem is presented, and the students are asked to provide a solution without using a mathematical model. Subsequently, a conceptual analysis of the problem situation is conducted, followed by the problem's resolution using a mathematical representation (equation). Finally, an experimental activity is proposed to draw conclusions and compare the hypotheses made in each phase. The activity is independently conducted with students from both curriculum projects to compare the responses obtained from each group.

Keywords: problem solving, mathematization, concept formation, experimental class

Resumo

Modelagem e argumentação no ensino de física são fatores fundamentais na resolução de problemas utilizando a matemática como ferramenta principal, nesta premissa focamos nossa pesquisa, aí o princípio fundamental da resolução de problemas foca em ser capaz de representar matematicamente uma expressão que permita obter um resultado. No entanto, a resolução de problemas na área da física implica um trabalho mais criterioso que visa seguir um processo que chamamos de descrição - análise - interpretação - cálculo (DAIC), tomamos como população 2 grupos de alunos de 2 projetos curriculares diferentes (Licenciatura em Matemática e Física pela Universidade Francisco José de Caldas) que frequentam um espaço acadêmico de conteúdos semelhantes. A pesquisa visa mostrar a forma como esses dois grupos encaram a solução de um problema de conservação de energia seguindo o processo D-A-I-C.

Numa fase inicial, é colocado um problema típico e é solicitada uma solução sem recurso a um modelo matemático, em seguida é realizada uma análise conceptual da situação problema, seguindo-se a resolução do problema através de uma representação matemática (equação). é proposta uma atividade que nos permite concluir e comparar as hipóteses feitas em cada uma das fases. A atividade é realizada de forma independente com os alunos dos 2 projetos curriculares para comparar as respostas obtidas de cada população.

Palavras-Chave: Resolução de problemas- Matemática- Formação de conceitos- Aula experimental

1. Introducción

La forma en la que se asimila un concepto en particular es diferente en cada individuo, es un hecho que cada persona es un mundo que crea conexiones de aprendizaje diferentes, por tanto, en aras de particularizar nuestro estudio hacemos uso de un análisis mixto (*cualitativo y cuantitativo*). Nuestro estudio está basado en el proceso de formación de estudiantes que cursan tercer semestre en las carreras de Licenciatura en Física y Matemáticas de la Universidad Distrital Francisco José de Caldas y la forma en la que abordan un problema de trabajo y energía.

La Red Internacional de Investigación en Matemática en el Contexto de las Ciencias (Red MaCoCiencias). Gallardo, P. (2013) propone que el contexto de las ciencias debe ser atendido de forma interdisciplinaria, sin embargo, el hecho de pensar en matemáticas como una herramienta lleva a reducir el proceso de solución de problemas a la obtención de un número, sin embargo, repensar en la solución de problemas como un proceso de complementario de varias vertientes de conocimiento se amplía la visión de lo que significa obtener un resultado.

Lo que se pretende con esta investigación, es evidenciar la manera en la que 2 poblaciones abordan la solución de problemas de energía a partir de la modelación inicial motivados por sus conocimientos previos, posteriormente a evidenciar el proceso inicial, se hace necesario

replantear los enunciados de las situaciones problemas de manera que se pueda evidenciar la forma en la que cambian o reafirman las concepciones.

El hecho de realizar la investigación con estudiantes de licenciatura en física abre la posibilidad de realizar propuestas de solución en el ámbito experimental, de manera que al tener el planteamiento del problema aparece la necesidad de proponer montajes experimentales que permitan dar respuesta a los planteamientos iniciales.

2. Marco de Referencia

En la figura 1 se muestran los elementos constitutivos del proceso de enseñanza-aprendizaje del Proyecto Docente: competencias, contenidos, metodología didáctica, resultados del aprendizaje, evaluación y recursos. Este modelo responde a las necesidades del proceso de implementación del Espacio Europeo de Educación (EEES), Canino, et al (2014).



Figura 1. Elementos del Proyecto Docente. **Fuente:** Prácticas de Laboratorio en contextos de enseñanza-aprendizaje basados en competencias: dificultades y oportunidades.

Es notable la importancia de interpretar el contexto en el que se enmarca el proceso enseñanza – aprendizaje, los principales elementos de proyecto docente se convierte en una guía de la construcción de herramientas educativas que cada docente es libre de proponer, modificar e implementar a lo largo el desarrollo de sus espacios académicos, por tanto, estos elementos se convierten en un referente, pero no en una camisa de fuerza que nos obligue a implementarla. Arredondo, et al (2020).

La socialización de resultados es uno de los pasos que más importancia toma dentro del proceso de construcción de conocimiento científico y su propia evaluación, no solo porque a través de este mecanismo los estudiantes intercambian ideas sino porque fortalecen o refutan sus hipótesis a través de la explicación, el intercambio de ideas y la evaluación colaborativa de manera que permite incorporar al estudiante en su formación profesional. Canino et al (2014).

2.1. Modelo de aprendizaje por competencias:

Una vez se realiza la definición de las competencias que se pretenden desarrollar en el espacio académico, los docentes apoyan su quehacer en elementos como:

1. Pruebas prácticas individuales donde se evalúan conocimientos teórico - prácticos y manejo de los instrumentos de laboratorio.
2. Prueba escrita en el aula encaminada a evaluar aspectos teórico - prácticos adquiridos en la clase
3. Elaboración de una bitácora donde se establecen los pasos a seguir para la obtención de datos.

Las competencias requieren que el docente tenga presente aspectos que pueden facilitar el logro de los objetivos planteados y al momento de plantear las actividades dentro del aula debe tener presente las habilidades, aptitudes y actitudes de los estudiantes dentro del aula. Dentro de las principales carencias que posiblemente se encuentran en el desarrollo de temas usando la práctica de laboratorio como herramienta de aprendizaje se encuentra que el modelo de enseñanza-aprendizaje está centrado principalmente en la adquisición de conocimientos y/o de habilidades en el manejo de instrumentos, pero no se identifican ni trabajan de forma específica y precisa otras competencias como el trabajo en equipo, adquisición de habilidades de análisis y comprensión de un concepto particular.

De manera que estos aspectos deben tenerse en cuenta al momento de proponer actividades formativas que se enmarquen en el desarrollo de la metodología didáctica elegida por el docente.

2.2. Definición del problema específico.

Para el uso de la encuesta seguimos las siguientes etapas:

1. *Identificación del problema:* Se realiza una comparación de la manera cómo abordan la solución de un problema de conservación de la energía los estudiantes de Licenciatura en Física y los estudiantes de Matemáticas.
2. *Determinación del diseño de la investigación:* A partir del planteamiento de un problema de energía establecer la forma en que se aborda una temática relacionada con la energía
3. *Especificación de las hipótesis:* Los estudiantes de Licenciatura en Física interpretan la solución de problemas de Energía de manera diferente a los estudiantes de Matemáticas.

4. *Definición de las variables:* Interpretación y análisis de una situación problema relacionada con la energía.
5. *Selección de la muestra:* Se toman al azar 2 grupos homogéneos con la misma cantidad de estudiantes de las dos carreras diferentes y dos facultades diferentes.
6. *Cuestionario:* La encuesta planteada consta de una pregunta con la que se pretende obtener resultados concretos pretendiendo encontrar respuestas coherentes y concisas que permitan confirmar o refutar la hipótesis planteada.



UNIVERSIDAD DISTRITAL FRANCISCO JOSÉ DE CALDAS
Encuesta sobre el concepto de energía

La encuesta que se presenta a continuación busca establecer la forma en la que se interpreta y soluciona un problema. Responda de la manera más honesta que sea posible si no está seguro de la respuesta justifique por qué considera que no puede dar solución al planteamiento, por ejemplo: *No entiendo el enunciado, considero que faltan datos, no tengo conocimiento sobre las ecuaciones o no se como se usan para dar respuesta, etc.*

1. Proyecto Curricular al que perteneces:
2. Nombre del espacio académico:
3. Semestre del espacio académico:
4. Semestre que cursa:
5. ¿Eres repitente?: Si ___ No ___
6. Un automóvil de masa 1,2 Toneladas, se encuentra suspendido por medio de una cuerda que está unida a una grúa, si en un tiempo determinado se corta la cuerda y el automóvil cae libremente desde una altura de 50 cm, calcule la deformación sufrida en el automóvil. Ilustre la manera en la que obtuvo la respuesta.

Figura 2. Primer instrumento aplicado a las 2 poblaciones.

Fuente: Los autores



UNIVERSIDAD DISTRITAL FRANCISCO JOSÉ DE CALDAS
Encuesta sobre el concepto de energía

1. Un automóvil de masa 1,2 Toneladas, se encuentra suspendido por medio de una cuerda que está unida a una grúa, si en un tiempo determinado se corta la cuerda y el automóvil cae libremente desde una altura de 50 cm, calcule la deformación sufrida en cada amortiguador de las llantas del automóvil. Ilustre la manera en la que obtuvo la respuesta.
2. ¿Una vez desarrollado el problema planteado, encuentra diferencias entre los enunciados 5 de la encuesta anterior y el enunciado 1 de esta encuesta? Justifique su respuesta
3. Es posible proponer otra forma de solucionar este problema, diferente al uso de ecuaciones?

Figura 3. Segundo instrumento aplicado a las 2 poblaciones. Replanteando el problema inicial.

Fuente: Los autores

7. *Obtención y tratamiento de los datos:* Se realiza la encuesta en el espacio dispuesto para la clase, en dos sedes y facultades diferentes de la universidad, garantizando que no exista alteración de resultados entre las poblaciones a examinar.
8. *Análisis de los datos e interpretación de los resultados:* Una vez aplicado el instrumento de prueba se organizan las respuestas y se establecen como variables principales de análisis la interpretación del problema y la forma en la que se aborda la solución.

Cuestionamiento Inicial:

Un automóvil de masa 1,2 Toneladas, se encuentra suspendido por medio de una cuerda que está unida a una grúa, si en un tiempo determinado se corta la cuerda y el automóvil cae libremente desde una altura de 50 cm, calcule la deformación sufrida en el automóvil. Ilustre la manera en la que obtuvo la respuesta.

Replanteamiento:

Un automóvil de masa 1,2 Toneladas, se encuentra suspendido por medio de una cuerda que está unida a una grúa, si en un tiempo determinado se corta la cuerda y el automóvil cae libremente desde una altura de 50 cm, calcule la deformación sufrida por cada amortiguador de las ruedas del automóvil

(teniendo en cuenta que cada resorte de los amortiguadores tiene la misma constante elástica). Ilustre la manera en la que obtuvo la respuesta.

3. Metodología de investigación

La metodología usada en el análisis de la situación problema es de tipo mixto, donde las poblaciones seleccionadas para estudio responden a una pregunta relacionada con el tema del trabajo y la energía, así, podremos establecer cuál es la mejor alternativa para el aprendizaje de cada una de las poblaciones de estudio.

En el proceso cualitativo, se realiza un cuestionario que consta de 5 preguntas relacionadas con el estado actual del estudiante proporcionando información como: proyecto curricular al que pertenece, semestre que cursa, si se es repitente o no, número de veces que ha cursado el espacio académico. Esta información permite caracterizar las poblaciones estableciendo 3 categorías de estudio: a) Semestre cursado, b) repitencia del espacio académico y c) proyecto curricular al que pertenece. (Cuestionario presentado en la figura 3)

En la investigación cualitativa hacemos uso del método científico de observación donde recogemos datos no numéricos que nos permita obtener información relacionada con la forma en la que los estudiantes realizan sus interpretaciones, en caso de la investigación cuantitativa centramos nuestro estudio en la recopilación y los análisis de datos, para nuestro caso particular establecemos cuál es el porcentaje de estudiantes que siguen un proceso propuesto para nuestra investigación, y de esta manera establecer cuál proceso se ajusta mejor a cada población.

Además, se emplean 5 instrumentos: a) presentación de la situación problema, b) recolección de respuestas, c) socialización de respuestas, d) revisión teórica y e) aplicación experimental. En cada uno de los instrumentos se presenta a los estudiantes una pregunta que permitirá agrupar los datos para el análisis, cada uno de los instrumentos se listan en el orden cronológico en el que fueron aplicados a las poblaciones dado que del orden en el que se aplican depende el resultado de las variables que deseamos analizar.

4. Resultados

El estudio se realiza usando como medio de prueba una pregunta sobre energía potencial elástica, modelo univariado (una variable de estudio), con dos tipos de respuesta (2 grupos de muestra).

La observación pretende evaluar la manera en la que los estudiantes responden al planteamiento: qué sucede si un objeto se deja caer desde una altura determinada y cuánto se podría deformar los resortes en el momento de la caída. La prueba se aplica a dos grupos diferentes: estudiantes de Matemáticas y estudiantes de Licenciatura en Física de la Universidad Distrital Francisco José de Caldas quienes se encuentran inscritos en los espacios académicos de Física y Mecánica Clásica respectivamente, la población cursa tercer semestre de su correspondiente carrera.

Nuestra propuesta metodológica consiste en el proceso que llamamos D-A-I-C (Descripción, Análisis - Interpretación - Cálculo), en la figura 4 se presenta una descripción del modelo que usamos dentro del análisis de los resultados:

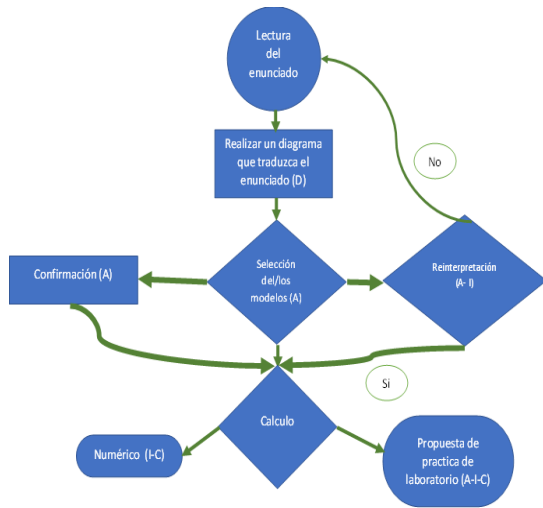


Figura 4. Diagrama de la metodología D-A-I-C usada en el análisis de resultados.

Fuente: Los autores

La figura 4 presenta en síntesis el análisis de los resultados obtenidos. El proceso se presenta como un diagrama de flujo que permite establecer los pasos en los que dividimos nuestro modelo pedagógico. Inicialmente, el análisis consistió en iniciar con la lectura del enunciado, seguido de la construcción de un esquema que permita evidenciar la forma en la que se organiza la información provista en el enunciado, a este proceso lo denominamos traducción del enunciado, la letra en mayúscula corresponde al proceso usado para tal fin (Descripción), después de realizado el esquema se procede a seleccionar el o los modelos matemáticos que permitirán eventualmente obtener la solución del problema, a este paso lo denominamos Selección del/los modelos (Análisis).

Haciendo uso de la tipología de los diagramas de flujo en la figura 4 se indica el proceso de selección, esto indica que al momento de seleccionar el modelo matemático se escoge la ecuación (modelo matemático) que permitirá obtener la respuesta, a este proceso lo denominamos Confirmación (Análisis), luego de este paso el estudiante tendrá la opción de buscar

o plantear un nuevo modelo matemático y a este proceso lo denominamos Reinterpretación (Análisis- Interpretación), en caso de realizar la interpretación se vuelve al proceso de lectura e interpretación del problema. El proceso final será el Cálculo, donde tendremos 2 alternativas: una puede ser el resultado numérico (Interpretación - Cálculo) o podrá proponer una práctica de laboratorio donde se pueda responder a la pregunta planteada inicialmente Propuesta de práctica de laboratorio (Análisis - Interpretación -Cálculo)

Los resultados obtenidos dan una idea de la manera en la que las poblaciones de estudio abordan la solución del problema planteado.

Dentro del análisis cognitivo se establece que los estudiantes inician realizando cálculos mentales buscando la solución a cualquier tipo de problema, posteriormente cuando se obtienen los datos se analiza el proceso de “matematización”, realizando una aproximación que consideran correctas para llegar a una respuesta exacta. En otros casos, los estudiantes que tienen algún tipo de formación docente, antes de hacer un análisis matemático siempre buscan estrategias para evaluar las variables, las clasifican como dependientes o independientes según sea el caso, pero, además están en la capacidad de discernir cuáles datos son necesarios para la solución del problema o cuáles pueden ser obtenidos a partir de la interpretación del enunciado.

A partir de los resultados se observa que los estudiantes de Matemáticas generalmente están predispuestos a resolver el problema a partir de los datos provistos y reemplazándolos en la ecuación encontrar la respuesta numérica. Mientras que para el caso de los estudiantes de Licenciatura en Física en la mayoría de los casos buscan todos los posibles parámetros que afectan no solamente a la expresión matemática sino también la construcción mental de un sistema físico comparable con los posibles resultados

numéricos, además, pueden buscar distintas alternativas de solución.

4.1. Resultados de la encuesta

De los instrumentos realizados, se obtiene la información que permite realizar una caracterización inicial. La observación se realizó de manera separada para los 2 proyectos curriculares y los resultados de la caracterización se observan en la tabla 1:

Tabla 1. Caracterización de los grupos

	Matemáticas			L. Física		
	C.	I.	N.R.	C.	I.	N.R.
Diagrama Inicial	40%	60%		80%	20%	
Despeje	20%	54%	26.0%	28%	44%	28.0%
Replanteamiento	57%	34%	9.0%	72%	24%	4.0%

Resultados de las fases de observación para cada población, los resultados corresponden a C: Correcto, I: Incorrecto y N.R. No responde. Para el caso del diagrama inicial solo se tuvo en cuenta si el estudiante entregó o no el diagrama que permite obtener el resultado.

Fuente: Los Autores

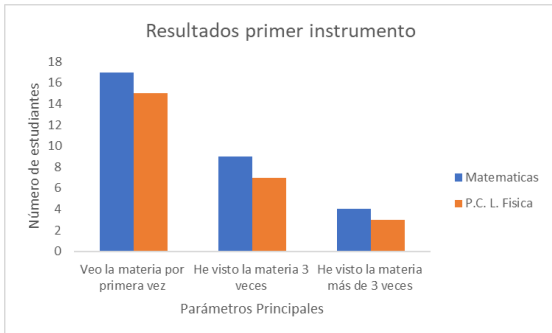


Figura 5. Resultados del primer instrumento.

Fuente: los autores.

4.2. Planteamiento de las posibles soluciones

A partir de la caracterización de los grupos, se evidencia la manera en la que mejoran el proceso de aprendizaje a partir de los instrumentos aplicados. La respuesta más significativa en

nuestra investigación radica en la forma en la que se diagrama y soluciona el problema planteado:

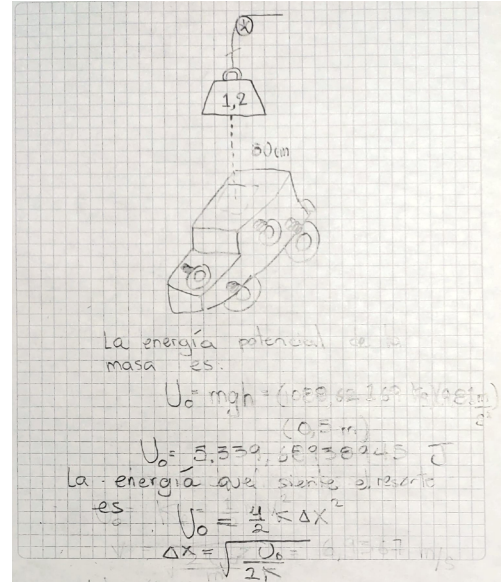


Figura 6. Respuesta de un estudiante de Matemáticas en el proceso del cálculo numérico. **Fuente:** los autores.

Figura 7. Respuesta de un estudiante de Licenciatura en Física en el proceso de la interpretación.

Fuente: los autores.

Además, de los diagramas y propuestas para la solución del problema, para algunos de los estudiantes de Licenciatura en Física surge como alternativa de resolución del problema un montaje experimental que permita corroborar si el planteamiento inicial (*bosquejo*) y/o la

matematización (*solución matemática*) es correcta; la figura 8 y 9 muestran uno de los montaje propuesto por un grupo de estudiantes, en él, los amortiguadores son simulados con sensores de fuerza y las masas representan la distribución de masa a lo largo del automóvil.

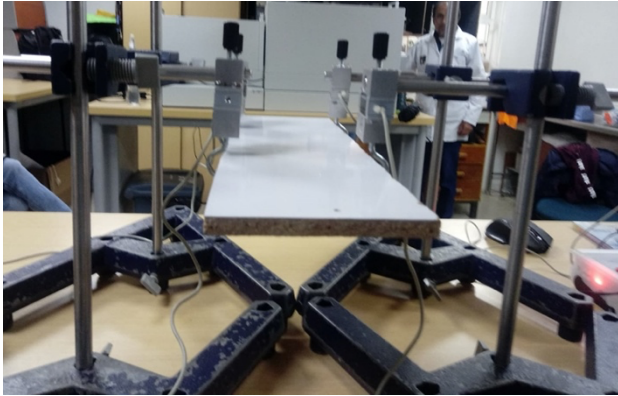


Figura 8. Propuesta de montaje experimental para obtener respuesta al planteamiento inicial. **Fuente:** los autores.



Figura 9. Propuesta de montaje experimental para obtener respuesta al planteamiento inicial.

Fuente: los autores.

5. Conclusiones y/o consideraciones finales

La metodología mixta en el ámbito de la educación se presenta como una mejor alternativa para la recolección de datos, el uso de este tipo de metodología en nuestra investigación permitió establecer una relación entre el proceso enseñanza – aprendizaje y el

tipo de estudiantes al que va dirigido el conocimiento.

Para que el aprendizaje sea verdaderamente significativo es fundamental presentar los conceptos de manera organizada, sin embargo, el contexto en el que se enmarca el proceso es fundamental, el hecho de contar con 2 poblaciones permite corroborar la hipótesis inicial de que cada individuo aprende a su propio ritmo. Una de las principales diferencias en la forma en la que se adquiere el conocimiento es que en los contenidos programáticos (Syllabus), en el caso del Proyecto Curricular de Matemáticas no se definen prácticas de laboratorio, mientras que en el caso del Proyecto Curricular de licenciatura en física se concibe a la práctica de laboratorio como actividad complementaria, por tanto, inicialmente se considera que la práctica de laboratorio es un buen instrumento de aprendizaje por lo menos en el caso específico del concepto de *Conservación de la Energía*.

La manera en la que enseñamos el concepto de energía y su ley de conservación amerita una evaluación, no solamente se pretende enseñar el concepto sino garantizar que realmente se logre la comprensión, para ello proponemos una metodología D-A-I-C (Descripción, Análisis - Interpretación – Cálculo) que le permita al estudiante, sin importar la carrera de formación, interés o habilidad proponer diferentes formas de abordar una situación problema planteada. Con la propuesta metodológica buscamos una alternativa de evaluación y aprendizaje, si el estudiante es capaz de bosquejar el problema, lo puede modelar y a través de la herramienta matemática puede proponer un modelo de solución podrá ser capaz de aplicar este tipo de metodología en cualquier orden, mostrando así que un problema de física puede ser solucionado a partir del uso de una práctica de laboratorio o puede llegar a solucionarse a partir de un modelo

Mendoza, I.; Jara, A. (2023). Propuesta metodológica para la solución de un problema de conservación de energía en dos grupos poblacionales

matemático (ecuaciones o aproximaciones matemáticas)

Para el caso de los estudiantes de Licenciatura en Física, el estudiante tiene preconceptos de formación pedagógica que lo llevan a la búsqueda de alternativas de respuesta, mientras que los estudiantes de Matemáticas en la mayoría de los casos buscan mediante el reemplazo de variables obtener una respuesta numérica, estas características nos permite como docentes poner a prueba la metodología DAIC obteniendo diferentes formas de llegar a una misma respuesta.

Acuña, C., Hernández, E., & Liern, V. (2017). Metáforas conceptuales de las relaciones lineales que manejan los estudiantes de economía, *Unión: revista iberoamericana de educación matemática*, 50, 29-40

6. Referencias

Gallardo, P. (2013). La Matemática en el Contexto de las Ciencias y la Modelación. *Cuadernos de Investigación y Formación en Educación Matemática*, (10), 183-193.

Mengascini, A. S.; Mordegli, C. (2014). Caracterización de prácticas experimentales en la escuela a partir del discurso de docentes de primaria y secundaria. *Enseñanza de las Ciencias*, n32.

Canino, J.M.; Mena, V.; Alonso, J.; Ravelo, A.; García, E. (2014) Prácticas de Laboratorio en contextos de enseñanza aprendizaje basados en competencias: dificultades y oportunidades. I JORNADAS IBEROAMERICANAS DE INNOVACIÓN EDUCATIVA EN EL ÁMBITO DE LAS TIC Y LAS TAC. Universidad de las Palmas de la Gran Canaria.

Arredondo, Elizabeth H., García-García, Jaime I., & Torres, Maximina Márquez. (2020). La modelación metafórica del movimiento por estudiantes universitarios. *Formación universitaria*, 13(3), 55-64

COMPETENCIAS INVESTIGATIVAS: MODELIZACIÓN CON PYTHON PARA LA ENSEÑANZA DE FÍSICA MECÁNICA

INVESTIGATIVE COMPETENCES: PYTHON MODELING FOR MECHANICAL PHYSICS TEACHING

COMPETÊNCIAS INVESTIGATIVAS: MODELAGEM COM PYTHON PARA O ENSINO DE FÍSICA MECÂNICA

Mario Bernal*^{ID}, Luz K. Peña**^{ID}

Bernal, M.; Peña, L. (2023). Competencias Investigativas: Modelización con Python para la enseñanza de la Física Mecánica. *Góndola, Enseñanza y Aprendizaje de las Ciencias*, Número especial, v18, pp.1-8

Resumen

El artículo presenta una experiencia de innovación desde la perspectiva de la modelización y la argumentación en la enseñanza de la física. Se implementa una estrategia para la formación de competencias investigativas, mediadas por la introducción de lenguajes de programación de alto nivel como Python en los procesos de enseñanza-aprendizaje de la física aplicada, en el contexto de la física mecánica, sus modelos matemáticos deterministas, las ciencias básicas y de la salud. Tal experiencia se enmarca en una metodología de investigación-acción articulada con un método pragmático-sociológico para el análisis de experiencias de aprendizaje en estudiantes que se inician en la educación superior, con el objetivo de plantear y resolver problemas teóricos, propios de la asignatura de física mecánica newtoniana, con la perspectiva que ofrece el desarrollo de pseudocódigos, diagramas de flujo y algoritmos simples programados en el lenguaje de Python, favoreciendo metacognitivamente el desarrollo de competencias investigativas en los estudiantes. Se evidencia que las competencias más fortalecidas son la resolución de problemas, la planeación de proyectos, el diseño de experimentos, el manejo de tecnologías, entre otras.

Palabras-Clave Contorno de programación, investigación-acción, pensamiento lógico.

Abstract

An innovation experience is presented in this article from the perspective of modeling and argumentation in physics teaching. A formation research skills strategy is implemented, mediated by high-level programming languages introduction such as Python in applied physics teaching-learning processes, in mechanical physics context and its deterministic mathematical models in basic and health sciences. This experience is part of an action research methodology articulated with a pragmatic sociological

* MSc Modelado & Simulación, Universidad El Bosque, Colombia, bernalmariorortiz@unbosque.edu.co - ORCID <https://orcid.org/0000-0002-7581-3255>.

** Mg en Educación Superior. Universidad El Bosque. Colombia. penaluzkarina@unbosque.edu.co - ORCID <https://orcid.org/0000-0003-2823-5816>

method learning experiences analysis in students who start higher education, with the objective of present and solving theoretical problems, typical Newtonian mechanical physics subject, with perspective offered by the pseudocodes, flowcharts and simple algorithms programmed development in Python language, metacognitively favoring investigative skills development in the students. It's evident that, problem solving, project planning, experiment design, technology management, among others are the most strengthened competencies.

Keywords: Programming environment, action research, logical thinking.

Resumo

O artigo apresenta uma experiência de inovação na perspectiva da modelagem e argumentação no ensino de física. Implementa-se uma estratégia para a formação de habilidades de pesquisa, mediada pela introdução de linguagens de programação de alto nível como Python nos processos de ensino-aprendizagem de física aplicada, no contexto da física mecânica, seus modelos matemáticos determinísticos, e ciências da saúde. Tal experiência está enquadrada em uma metodologia de pesquisa-ação articulada com um método pragmático-sociológico para a análise de experiências de aprendizagem em alunos que ingressam no ensino superior, com o objetivo de propor e resolver problemas teóricos, típicos da disciplina de física mecânica newtoniana, com a perspectiva oferecida pelo desenvolvimento de pseudocódigos, fluxogramas e algoritmos simples programados na linguagem Python, favorecendo metacognitivamente o desenvolvimento de habilidades investigativas nos alunos. Fica evidente que as competências mais fortalecidas são resolução de problemas, planejamento de projetos, desenho de experimentos, gestão de tecnologia, entre outras.

Palavras-Chave: Ambiente de programação, investigação-ação, pensamento lógico

1. Introducción

Este artículo trata del planteamiento y desarrollo de un problema de investigación enmarcado en la exploración de las necesidades académicas, cognitivas y conceptuales, intrínsecas a los procesos de enseñanza-aprendizaje de las ciencias físicas aplicadas, específicamente en la resolución de problemas teóricos de la mecánica newtoniana. La población en observación, dentro de las aulas de clase, son estudiantes de nivel preuniversitario y primeros semestres en carreras de ingenierías y ciencias básicas. Estos estudiantes corresponden a las asignaciones académicas de los investigadores docentes autores de este artículo en la Universidad El Bosque.

En principio, la práctica docente a lo largo de varios años ha develado de manera continua inquietudes sobre los resultados académicos de los estudiantes en general respecto a la asignatura de física mecánica. Ya sea que se realicen pruebas diagnósticas o simplemente se analice los resultados propios del desarrollo de las asignaturas en los semestres académicos cursados, pareciere un factor común, algo desafortunado pero inspirador, que semestre tras semestre nuevas generaciones de estudiantes presentaren similares resultados y dificultades. Situación a nuestro criterio preocupante, en función de una sociedad con modelos cada vez más exigentes en cuanto a las responsabilidades sociales de la universidad frente a la educación superior. Es así como durante el

segundo semestre académico del post-pandémico año 2021, se investigó sobre la “*Resolución de Problemas*”, entendida como una competencia investigativa. Según Correa Bautista (2009), “la resolución de problemas” es una de las debilidades más significativas y común a las diversas poblaciones, es objeto constante de estudio y exploración para trabajar en la mejora de la calidad educativa.

Por un parte, los estudiantes con frecuencia no logran resolver satisfactoriamente ejercicios con cierto nivel de complejidad y gustan preferentemente de ejercicios con tipologías simples, comúnmente mal entendidos como fáciles. Por otra parte, pese a los esfuerzos académicos realizados cotidianamente para nivelar las curvas de aprendizaje en habilidades como, la capacidad de planear actividades, analizar datos, diseñar modelos, manejar tecnológicas entre otros, todas habilidades también tipificadas dentro de la categoría de competencias investigativas, los estudiantes generalmente quedan con vacíos conceptuales que se hacen evidentes en cursos posteriores o en el fracaso académico de la asignatura. La problemática en sí puede deberse a múltiples factores que no son explícitamente el objeto de estudio de la investigación, más bien ésta se trata de una exploración de los efectos positivos que pueda tener una estrategia innovadora para la enseñanza de la física mecánica y la resolución de problemas al implementar la elaboración de algoritmos sencillos en lenguajes de programación de alto nivel para mejorar de forma metacognitiva la comprensión y aprehensión de los conocimientos en clase.

2. Marco de referencia.

La exploración e investigación se fundamenta en aspectos importantes para la implementación de estrategias metacognitivas. El primer aspecto trata sobre la concepción de competencia investigativa, ¿Qué son?, ¿Cuáles son?, y como se relacionan con la resolución de problemas en física mecánica. El segundo aspecto

trata sobre la relación matemática que hay entre modelar y simular fenómenos físicos con la resolución de problemas. Finalmente, el tercer aspecto trata sobre el impacto que pueda tener la programación y la algoritmia en el aprendizaje respecto a la resolución de problemas e implícitamente el desarrollo de competencias investigativas.

2.1. Competencias investigativas.

Uriconchea, et al. (2019). afirma que motivar el espíritu investigativo es posible si se trabaja en la habilidad de la “clasificación” como proceso mental de aprendizaje y experiencia constructora del saber. En este sentido una de las habilidades necesarias para la resolución de problemas en física mecánica se encuentra en comprensión lecto-escritural y capacidad de clasificar la información numérica suministrada por un problema a resolver. Se debe diferenciar entre magnitudes físicas e identificar cuáles de ellas son variables, constantes y pueden ser inferidas. Por lo general un desconocimiento de los modelos matemáticos de los fenómenos físicos y un aprendizaje memorístico de las ecuaciones sin conceptualizar las variables es razón suficiente para la mala clasificación y posterior equivocación al resolver un problema. Uriconchea et al. (2019) proponen el fortalecimiento de las habilidades y competencias desde un paradigma interpretativo con posiciones participativas por los actores del conocimiento y encuentra en la investigación-acción una forma de reflexionar sobre los que haceres de los estudiantes para modificar la comprensión a niveles más profundos.

Garzón, et al. (2020) sugiere la necesidad de resignificar las prácticas de aula desde nuevas experiencias orientadas al mejoramiento de habilidades, competencias investigativas, y desarrollo de pensamiento científico. Parten de una reflexión continua en el aula y una estrategia de enseñanza para la comprensión, desarrollando las competencias de indagación y explicación de fenómenos naturales en estudiantes, motivando la adopción de posturas críticas de forma positiva,

desarrollando objetivos mediante la investigación-pedagógica como metodología de investigación. La indagación es una habilidad clave para la resolución de problemas de física mecánica aplicada, los niveles de dificultad de un problema se pueden establecer a partir de la indagación sobre las preguntas, es decir, en múltiples ocasiones responder las preguntas formales de un problema supone la necesidad de primero formular y responder otras preguntas iniciales no explícitas en la configuración del problema convirtiéndole en un problema de mayor dificultad.

En un marco humanístico algo más extenso, Arias, et al. (2020) afirman que alcanzar la calidad en educación superior supone la interconexión entre procesos para identificar y solucionar problemas. “Si el alumno obtiene ciertas competencias para llevar a cabo un sin número de tareas en situaciones educativas específicas, poseerá la capacidad para solucionar problemas y afrontarlas de modo innovador en diferentes áreas que constituyan parte de su habitualidad” (Arias, et al. p19). En este sentido, la habilidad de modelar un problema físico matemáticamente es la competencia que podría permitir a los estudiantes navegar entre lo general y lo particular entendiendo el concepto de “ley de la naturaleza” contextualizado a problemáticas puntuales.

Por otra parte, en el marco de las ciencias de la salud, Rojas, et al. (2012) hace referencia también a la necesidad de competencias investigativas en los profesionales de la salud, ya sea para la gestión de proyectos, la solución de problemas de la salud o la recopilación y análisis de datos por medio de nuevas tecnologías. “Es evidente que la labor científica requiere del desarrollo de competencias investigativas que permitan el adecuado desempeño de los profesionales que se incorporan a este tipo de acción innovadora y creativa, para la solución de múltiples problemas desde una perspectiva teórico-práctica” (Rojas, et al. 2012). Se resume estas cualidades en competencias de indagación, argumentación e innovación, todas propias también al estudio de las ciencias físicas.

Finalmente, se entiende a la formación de competencias investigativas como el objetivo principal de la formación investigativa, metacognitivamente se trata de la idea de aprender a investigar, investigando, en el marco de las habilidades para la indagación continua y sistematizada. En el marco de la ingeniería, la construcción de competencias investigativas exige una proximidad entre los estudiantes y las representaciones simbólicas y matemáticas de los fenómenos y las cosas, además de la oportunidad de la experimentación, (Castrillón, 2018). Los ingenieros de hoy en día se ven enfrentados a la realidad de crear sus propias oportunidades de trabajo, razón por la cual, en concordancia con Castrillón (2018), las competencias investigativas se deben perfilar holísticamente concatenando experiencias investigativas y encuentros pedagógicos. Es así como la simulación computacional ofrece un espectro de posibilidades para “la resolución de problemas” modelados teóricamente, se cree que los procesos de simulación favorecen la comprensión de la fenomenología de la mecánica newtoniana a razón de sus modelos determinísticos.

2.2. Modelado y simulación.

En el estudio de la física mecánica aplicada, los modelos matemáticos y determinísticos de funciones polinomiales, exponenciales, racionales, entre otros, son la base para la simulación de fenómenos físicos con características predictivas. Serán entonces las acciones de investigativas de planear, diseñar, analizar y manejar las tecnologías, las competencias llamadas a ser articuladas para fortalecer la competencia principal de “resolver problemas”.

López, et al. (2009) encuentran en su investigación, sobre "la ecuación de la línea recta en la modelación de fenómenos físicos", que los estudiantes muestran mayor interés y desempeño con la inmersión de la modelación en comparación a las clases tradicionales y reconocen más

fácilmente proporcionalidades lineales en el comportamiento del fenómeno. Concluyen también que la enseñanza de las matemáticas y la física puede llegar a ser más exitosa si está inmersa en situaciones de contextos reales, que la modelación se constituye en un método pedagógico que privilegia la construcción del conocimiento.

Aponte, et al. (2015) concluyen que los estudios de fenómenos físicos en el aula de clase se constituyen en la resolución de problemas contextualizados susceptibles a ser modelados matemáticamente para el análisis de proporcionalidades, la identificación de variables y las relaciones entre ellas generando interés por el descubrimiento causal del fenómeno. En consecuencia, “el uso de las TIC’s, tales como visualizaciones y animaciones computarizadas, en procesos de enseñanza-aprendizaje de la Física, permite a los estudiantes elaborar modelos físicos cercanos a la realidad y con estos llegar a desarrollar habilidades de pensamiento científico, tales como: observación, análisis, discusión, argumentación y socialización” (Castro & Fernández, 2012). Esto implica una gestión del conocimiento planificada, estructurada y acompañada por el docente, propia de los procesos de simulación computacional. Es evidente que las herramientas visuales son imprescindibles como recurso didáctico y que la aproximación al conocimiento científico podría mediarse por lenguajes de programación que articulen los actos de modelar, simular y aprender significativamente

2.3. Programación y algoritmia.

La escogencia del lenguaje de programación de Python para el desarrollo de la investigación no tiene otra razón diferente a sus características de popularidad, versatilidad y condición de software libre. Bien podría haberse trabajado la idea con otros lenguajes de programación como Matlab, C++ u otros. Es importante aclarar que el pensamiento computacional y las ciencias de la computación han emergido vigorosamente para ser de las principales herramientas de investigación. García (2017) afirma que es importante proponer una metodología para

la elaboración de recursos educativos abiertos, especialmente si ayudan al aprendizaje de la programación. Parece que, cada vez más, estas habilidades se están convirtiendo en una necesidad, sobre todo en el marco los proyectos de investigación a nivel de educación superior, pregradual y postgradual.

No es de interés para este trabajo el interactuar con simuladores ya predeterminados, por el contrario, cuestionar algorítmicamente el funcionamiento de los mismos mientras se desarrollan habilidades varias es lo ideal. Por esta razón, para resolver un problema físico mediante el modelado y simulación lo ideal es utilizar lenguajes de programación de alto nivel de fácil compilación por terminal o ventanas de comandos, preferiblemente software que no esté orientado a objetos, software que permitan trabajar con herramientas graficas para visualizar funciones y comportamientos, y por qué no, explorar herramientas simbólicas para el desarrollo de futuros problemas de mayor complejidad. También es importante entender que, en el marco de la algoritmia, el uso de pseudocódigos y diagramas de flujo es vital para el desarrollo de habilidades y competencias en un programador, siendo estas competencias de especial interés para interpretarlas como competencias investigativas.

Barrera (2013) reflexiona sobre como las destrezas para resolver problemas matemáticos requieren de nuevas estrategias y didácticas para afrontar las demandas de una sociedad del conocimiento acelerada y creciente, afirmando la necesidad de métodos heurísticos y “metodologías de programación” para el desarrollo de habilidades de pensamiento algorítmico. “Los diagramas de flujo son una buena herramienta para enseñar habilidades de pensamiento, ya que a través de la representación gráfica de las ideas los estudiantes identifican, aclaran, priorizan, ordenan y organizan la información y los procesos involucrados en la resolución de problemas” (Barrera, 2013).

3. Metodología de investigación

La metodología de la investigación-acción propuesta para la investigación, se presenta bajo un enfoque cualitativo por la forma de abordar su objeto de estudio, éste es la resolución de problemas de física mecánica teórica y aplicada desde el punto de vista de la competencia investigativa de “resolver problemas”. El abordaje se da con el propósito es fortalecer competencias en los estudiantes a partir de una forma novedosa, al menos para ellos, de resolver los problemas por medio de Python como lenguaje de programación, trabajando de forma paralela en las habilidades para la programación. Por otra parte, las interacciones sociales entre los actores del conocimiento son entendidas desde la importancia del acompañamiento del docente para la motivación e interés que los estudiantes pueden viabilizar en el trabajo y aprendizaje colaborativo. Se desarrollan procedimientos algorítmicos para la resolución de problemas orientados, por así decirlo, en la emulación simple de una investigación para resolver problemas que se enmarca en las siguientes etapas.

- i. *Exploración*. Se introduce al estudiante a la resolución de problemas al realizar procesos de observación y comprensión lectora para identificar variables, constantes y parámetros físicos para conceptualizar y contextualizar la problemática.
- ii. *Desarrollo de la problemática*. Se describe la problemática relacionando causalmente las variables físicas del problema.
- iii. *Delimitación*. Se plantea las acciones concretas y objetivos a alcanzar en el contexto del ejercicio a resolver. Se debe promover la participación activa del grupo de clase.
- iv. *Diseño de instrumentos*. Se define la estrategia para la construcción de pseudocódigos como instrumento para resolver problemas. Se comparten las diferentes ideas entre el grupo.

- v. *Recoger información*. Se sintetiza y organiza la información del ejercicio proponiendo alguna técnica para recolectar la información del ejercicio diferenciando la problemática del ejercicio del contexto.
- vi. *Análisis de información*. Se analizan los pseudocódigos realizados codificando y decodificando sus contenidos para unificar un pseudocódigo definitivo para resolver el ejercicio en forma colaborativa.
- vii. *Planificación*. Se pueden elaborar diferentes diagramas de flujo, pero lo ideal para la investigación-acción participativa y el pragmatismo sociológico es integrar todos los estudiantes posibles para tomar decisiones de cara a la unificación de un diagrama de flujo para la resolución del problema en el marco de los modelos matemáticos que suponen la resolución del problema como procedimientos en los diagramas.
- viii. *Ejecución*. Se hace una lista de requerimientos técnicos para la programación y posterior simulación del problema a resolver, siempre atentos de evaluar los resultados de la simulación que retroalimentan los aprendizajes. Se entiende que el fallo en la simulación supone la revisión retrospectiva de los anteriores pasos para lograr el objetivo de aprendizaje.

4. Resultados

Como ejercicio de clase, diferenciado respecto al desarrollo tradicional y convencional de la asignatura de física mecánica en los grupos del curso básico premédico, química farmacéutica e ingenierías de primeros semestres en la U. El Bosque, se trabajó la paradoja del mono y el cazador mediante el modelado y simulación en Python del problema, ejercicio muy conocido para el estudio de

la cinemática de los movimientos rectilíneos y acelerados, en una y dos dimensiones. Se diseñó una rúbrica para evaluar el protocolo de desarrollo para la resolución de problemas y así poder valorar la metodología de investigación aplicada en la clase, buscando establecer el grado de asimilación de los estudiantes frente a este tipo de estrategias innovadoras y se obtuvo los siguientes resultados.

	Curso Básico	Química Farmacéutica
Exploración	78%	89%
Desarrollo de la problemática	65%	68%
Delimitación	62%	71%
Diseño de instrumentos	56%	77%
Recoger información	68%	75%
Análisis de información	51%	68%
Planificación	89%	89%
Ejecución	58%	70%

Tabla 1. Porcentaje de asimilación de objetivos de la etapa. Se expresa porcentualmente y en promedio el grado de cumplimiento de los objetivos de cada etapa de la implementación de la metodología, desde la perspectiva de auto percepción en los estudiantes como síntesis de la rúbrica implementada.

5. Conclusiones en generales.

La mayoría de los estudiantes logran identificar variables físicas en el problema siguen instrucciones y se muestran motivados con la actividad y reconocen diferencias en la estrategia respecto a lo tradicional. Al parecer el grado de escolaridad hace que se dificulte más a un grupo que a otro.

Las lógicas de los estudiantes son en ocasiones multivariadas, es evidente un poco la falta de apropiación del lenguaje científico que les permita correlacionar las variables en forma causal siendo uno de los mayores problemas y énfasis en los que se tuvo que trabajar con los estudiantes.

Los estudiantes se muestran satisfechos e interesados en la estrategia de modelar y simular, y a su vez son conscientes de sus debilidades en cuanto a las competencias en programación. De cualquier forma manifiestan interés en a futuro indagar con mayor profundidad sobre los temas computacionales

6. Referencias

- Aponte, H., Fernández, J. D., & Vega, M. (2015). Modelación matemática a través de fenómenos físicos. La proporcionalidad directa y el principio de Bernoulli. *RECME*, 1(1), 348-352.
- Arias, M. G. I., Guillen, D. E. F., & Palacios, W. F. R. (2020). Competencias investigativas de los estudiantes de estudios generales del área de Humanidades, Ciencias jurídicas y Sociales de la Universidad Nacional Mayor de San Marcos, 2018. *Revista Conectividad*, 18-30.
- Barrera, L. (2013). Algoritmos y programación para la enseñanza y aprendizaje de la matemática escolar.
- Barrera, R. E. R., De la Rosa Rodríguez, H., & Chang, J. M. Z. (2017). Competencias investigativas en la Educación Superior. *Revista publicando*, 4(10 (1)), 395-405.
- Castrillón, J. E. P. (2018). Construcción de la competencia investigativa en ingeniería. *Revista Educación en Ingeniería*, 13(25), 12-19.
- Castro, E. D. G., & Fernández, H. M. (2012). La modelación y las visualizaciones computarizadas en la enseñanza de la Física. *Nodos y Nudos*, 4(33), 49-61
- Cid, M. T., MUNDET, M. D. D. R. I., Rocas, Í. L., Puigvert, E. G., & Rodà, A. A. (2007). Mejoremos los procesos de enseñanza-aprendizaje mediante la investigación-acción. *Revista Iberoamericana de educación*, 42(1), 1-13.

- Colmenares E, A. M. (2012). Investigación-acción participativa: una metodología integradora del conocimiento y la acción. *Voces y Silencios. Revista Latinoamericana de Educación*, 3(1), 102-115.
- Correa Bautista, J. E. (2009). Measurement of the investigative competences of physiology teachers: An empirical approach. *Revista de la Facultad de Medicina*, 57(3), 205-217.
- García Monsálvez, J. C. (2017). Python como primer lenguaje de programación textual en la Enseñanza Secundaria= Python as First Textual Programming Language in Secondary Education. *Python como primer lenguaje de programación textual en la Enseñanza Secundaria= Python as First Textual Programming Language in Secondary Education*, 147-162.
- Garzón, J. E. C., Beltran, L. M. C., Mora, N. Y. G., & Pulido, D. P. G. (2020). Desarrollo de las competencias de indagación y explicación a través de prácticas de aula basadas en la enseñanza para la comprensión. *Cultura Educación y Sociedad*, 11(2), 87-109.
- López, J. B., Luna-González, J., Cabral, J. E., García, S. F., Saldaña, F. E., & Ramos, M. A. (2009). La ecuación de la línea recta en la modelación de fenómenos físicos. *CULCyT: Cultura Científica y Tecnológica*, 6(31), 26-34.
- Rojas, M. H., Martínez, C. L. V., & Morgado, M. R. (2012). Las competencias investigativas en la construcción del talento humano dentro de las Ciencias Médicas. *Mediciego*, 18(2).
- Uricoechea, M., Bautista, R. E., Reyes, E., & Umaña, F. M. (2019). Fortalecimiento de la clasificación como habilidad del pensamiento hacia la competencia investigativa. *Educación Y Ciencia*, (23), 127-151.



EL PAPEL DEL MODELO EN LAS REPRESENTACIONES QUE REALIZAN LOS NIÑOS DE GRADO SEGUNDO EN EL ESTUDIO DEL SISTEMA SOLAR

THE ROLE OF THE MODEL IN THE REPRESENTATIONS MADE BY SECOND GRADE CHILDREN IN THE STUDY OF THE SOLAR SYSTEM

O PAPEL DO MODELO NAS REPRESENTAÇÕES DE CRIANÇAS DO 2º SÉRIE NO ESTUDO DO SISTEMA SOLAR

Karen Yomaira Muñoz Rodríguez*, Diana Carolina Castro Castillo**

Muñoz, K.; Castro, D. (2023). El papel del modelo en las representaciones que realizan los niños de grado segundo en el estudio del sistema solar. *Góndola, Enseñanza y Aprendizaje de las Ciencias*, Número especial, v18, pp.1-10

Resumen

La educación en ciencias en los primeros niveles educativos demanda una reflexión constante, en la medida que se hace necesario establecer estrategias que despierten el interés y formas de organizar la experiencia sensible, que posibiliten la construcción de conocimiento científico escolar acordes con las edades de los estudiantes y los niveles de comprensión que poseen. Una de las estrategias de enseñanza más comunes en los grados iniciales es el uso de la modelización, pues se convierte en una alternativa para aproximar a los niños y niñas a los diferentes fenómenos que se presentan en el mundo natural, donde no se puede obtener una relación directa con él. El presente estudio tiene por objetivo identificar los modelos que configuran los estudiantes de grado segundo de primaria al momento de explicar el sistema solar. La metodología empleada se enmarca en una investigación cualitativa, donde se evidenció una situación problémica en torno a la enseñanza de las ciencias cuando se abordan temáticas que implican determinado grado de abstracción y que implica salir del egocentrismo propio de esas edades. En este orden, en el primer momento de la investigación se propuso la realización e implementación de una prueba diagnóstica que permitiera conocer las representaciones que poseen los estudiantes sobre la temática objeto de estudio. Al realizar la interpretación de los dibujos que logran construir los estudiantes se hizo evidente que el estudio del sistema solar ha sido abordado en las clases y que intentan reproducir las imágenes que se encuentran en los libros de texto, en los programas de televisión o en las imágenes que son presentadas por los maestros al momento de explicarles a través de filmas o diapositivas. Los estudiantes atribuyeron determinadas características a los dibujos las cuales fueron analizadas a la luz de seis categorías.

* Licenciada en Física, Universidad Pedagógica Nacional. Colombia. kymunozr@upn.edu.co – ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8943-4718>

** Doctora en Educación. Universidad Pedagógica Nacional. Colombia. dccastro@pedagogica.edu.co – ORCID: <http://orcid.org/0000-0001-5590-7185>

Palabras-Clave: Educación científica, astronomía, construcción de modelos, educación primaria.

Abstract

Science education in the first educational levels demands constant reflection, to the extent that it is necessary to establish strategies that arouse interest and ways of organizing sensitive experience, which enable the construction of school scientific knowledge according to the ages of the students. and the levels of understanding they possess. One of the most common teaching strategies in the initial grades is the use of modeling, since it becomes an alternative to bring children closer to the different phenomena that occur in the natural world, where it is not possible to obtain a direct relationship with him. The objective of this study is to identify the models that second grade students configure when explaining the solar system. The methodology used is part of a qualitative research, where a problematic situation was evidenced around the teaching of science when topics that imply a certain degree of abstraction are addressed and that implies leaving the egocentrism typical of those ages. In this order, at the first moment of the investigation it was proposed the realization and implementation of a diagnostic test that would allow to know the representations that the students have on the subject matter under study. When carrying out the interpretation of the drawings that the students manage to construct, it became evident that the study of the solar system has been addressed in the classes and that they try to reproduce the images found in textbooks, in television programs or in the images that are presented by the teachers when explaining them through filmstrips or slides. The students attributed certain characteristics to the drawings which were analyzed in the light of six categories.

Keywords: Science education, astronomy, model building, primary education.

Resumo

O ensino das ciências nos primeiros níveis de ensino exige uma reflexão constante, na medida em que é necessário estabelecer estratégias que despertem o interesse e formas de organizar a experiência sensível, que permitam a construção do conhecimento científico escolar de acordo com as idades dos alunos e os níveis de compreensão que possuem. Uma das estratégias de ensino mais comuns nas séries iniciais é o uso da modelagem, pois se torna uma alternativa para aproximar a criança dos diversos fenômenos que ocorrem no mundo natural, onde não é possível obter uma relação direta com ela. O objetivo deste estudo é identificar os modelos que os alunos do segundo ano configuram ao explicar o sistema solar. A metodologia utilizada faz parte de uma pesquisa qualitativa, onde se evidenciou uma situação problemática em torno do ensino de ciências quando são abordados temas que implicam um certo grau de abstração e que implica sair do egocentrismo típico daquelas idades. Nesta ordem, no primeiro momento da investigação foi proposta a realização e aplicação de um teste de diagnóstico que permitisse conhecer as representações que os alunos têm sobre a matéria em estudo. Ao realizar a interpretação dos desenhos que os alunos conseguem construir, ficou evidente que o estudo do sistema solar tem sido abordado nas aulas e que eles procuram reproduzir as imagens encontradas nos livros didáticos, nos programas de televisão ou nas imagens que são apresentados pelos professores ao explicá-los por meio de tiras de

filme ou slides. Os alunos atribuíram determinadas características aos desenhos que foram analisados à luz de seis categorias.

Palavras-Chave: ensino de ciências, astronomia, construção de maquetes, Educação primária

1. Introducción

La educación en ciencias en el contexto colombiano se orienta a partir de un conjunto de directrices dadas por el Ministerio de Educación Nacional, organizados a través de lineamientos curriculares (1994), estándares básicos de competencias (2004) y los derechos básicos de aprendizaje (2016) para los diferentes niveles académicos. En el caso, de temáticas relacionadas con la astronomía, se encuentran para la educación primaria ejes conceptuales centrados en el sistema solar, los movimientos de la luna, características del sol, entre otros, y se movilizan en algunas instituciones a partir de la implementación de proyectos transversales en los que se reconoce la importancia de despertar la curiosidad de los estudiantes, la argumentación, la observación; en sí, el desarrollo del pensamiento científico.

En este orden, la astronomía no se aborda como disciplina en las escuelas, se explican algunas temáticas bajo el currículo establecido para las clases de ciencias naturales, y en muchos casos, sin hacer énfasis de la existencia de este campo del conocimiento. Cuando se abordan temáticas como el día y la noche, el movimiento de la tierra, los niños y niñas muestran interés por conocer estas explicaciones donde los maestros hacen uso de diferentes estrategias como la narrativa, el uso de maquetas y videos. Para Camino (2018) la astronomía es una de las disciplinas más importantes teniendo en cuenta que le permite al hombre comprender como se relaciona con el universo, por lo tanto, se debe fortalecer la construcción de conocimiento en procesos que vinculen a los estudiantes con la experiencia cotidiana, para que se puedan formular y realizar preguntas, hacer reflexiones filosóficas, entre otros aspectos.

El presente ejercicio investigativo se da en el marco de un trabajo de grado de Licenciatura en Física de la Universidad Pedagógica Nacional el cual tiene por objetivo identificar los modelos que construyen los niños al momento de hablar del sistema solar. En este artículo se presenta el análisis que surge de la fase diagnóstica de dicho trabajo.

2. Marco teórico

Una de las preocupaciones que emergen en el trabajo de investigación, está situado en el por qué, para qué y cómo enseñar astronomía a estudiantes de la educación primaria. Estos cuestionamientos, llevó a pensar sobre la forma cómo construyen conocimiento científico escolar los estudiantes en esas edades. Razón por la cual, este marco de referencia se divide en tres apartados: 1) Se enfatiza en describir el desarrollo cognitivo de la teoría psicogenética de Jean Piaget, teniendo en cuenta que no se basa solamente en clasificar a los niños en diferentes edades sino en comprender lo que sucede en estas etapas. 2) Comprender aspectos relevantes de la didáctica de la astronomía en el aula, es decir como enseñarla en estos grados académicos y, 3) identificar la manera cómo los estudiantes construyen modelos científicos en ciencias y la importancia que estos tienen para su aprendizaje, en particular con el sistema solar.

2.1. Desarrollo cognitivo (Desde la postura de Piaget)

Jean Piaget fue un psicólogo, epistemólogo y biólogo que realizó grandes aportes al campo de la psicología cognitiva, llevo a cabo un estudio con niños y configuró la teoría constructivista del desarrollo de la inteligencia. Según Linares (1994)

Piaget fue uno de los primeros teóricos del constructivismo en Psicología. Pensaba que

los niños construyen activamente el conocimiento del ambiente usando lo que ya saben e interpretó nuevos hechos y objetos. La investigación de Piaget se centró fundamentalmente en la forma en que adquieren el conocimiento al ir desarrollándose (p.2).

Por consiguiente, el desarrollo de su estudio describió cuatro etapas en las que los niños se encuentran a lo largo de su desarrollo cognitivo y la forma en que el sujeto está aprendiendo y teniendo una interacción con el entorno; etapa sensoriomotora (0 a 2 años), etapa preoperacional (2 a 7 años), etapa de las operaciones concretas (7 a 11 años) y etapa de las operaciones formales (a partir de los 11 años).

En la etapa sensoriomotora, se considera, que los niños en sus primeros meses hasta los 2 años construyen su aprendizaje por medio de la interacción que tienen con el medio utilizando sus sentidos. La etapa preoperacional, encargada del desarrollo de la función simbólica de los niños en cuanto al lenguaje, la forma de expresarse y del progreso escritural. Esta etapa es aproximadamente a los 7 años de edad. En la etapa de las operaciones formales se desarrolla el pensamiento lógico, abstracto, inductivo y deductivo se va desarrollando a partir de los 11 años. En esta etapa, el niño aprende aquellos sistemas abstractos que le permiten usar la lógica y tener un razonamiento científico.

En la etapa de las operaciones concretas se pueden situar a los estudiantes de grado segundo de primaria, dado que, requieren de una mayor explicación sobre lo que observan en su cotidianidad. En este momento están en la capacidad de realizar operaciones mentales que sean aplicadas a eventos concretos, a su vez, de poder clasificar, manejar la seriación y tener una comprensión sobre fenómenos y objetos reales.

Los niños en esta etapa han avanzado en su desarrollo cognitivo; en primer lugar, identifican que las operaciones se pueden invertir, es decir, pueden

volver a su estado original, con el fin, de que el niño deje de ser el centro de lo que se encuentra a su alrededor, en segundo lugar, él puede realizar observaciones a profundidad y no ver el fenómeno de la misma manera, partiendo de las características propias del mismo.

2.2. Didáctica de la astronomía

La didáctica de la astronomía es entendida como un proceso creativo, dinámico y descriptivo, un esquema de aprendizaje basado en el método de descubrimiento guiado. La enseñanza de la astronomía se puede orientar a diferentes niveles: básico, principiante y profesional (Fabregat, 2015). Se considera como una disciplina que puede llevarse al aula; que demanda de un conjunto de reflexiones de orden pedagógico y didáctico, para establecer pautas y parámetros de cómo enseñarla, con el fin que sea relevante para los estudiantes, relacionándola con la realidad, vinculando situaciones de la vida cotidiana. Camino (2018) señala:

La enseñanza de la astronomía no solo debe buscar construir conocimiento en forma significativa, sino que además debe fortalecer que tal construcción se desarrolle en procesos que vinculen a quienes aprenden con el cielo real, con la experiencia cotidiana que genera preguntas y búsquedas, con la reflexión filosófica, con la emoción y la belleza, junto a otros, los de ahora y los de siempre, para luego profundizar todo lo que deseemos en la construcción de una visión de mundo acorde con la mirada actual sobre el universo y sobre nosotros como individuos y como especie que comparte con muchas otras la maravilla de este planeta, en un contexto natural astronómico que siempre nos interpela (p. 194).

Por ende, esta disciplina no solo parte de describir, de transmitir conceptos o de brindar información a los estudiantes, la enseñanza trasciende, en la medida que el sujeto se plantea preguntas sobre el

mundo y que por medio de sus construcciones cognitivas puede plantear soluciones y respuestas a lo que observa a su alrededor.

Camino (2021) presenta dos dificultades a considerar en la enseñanza de la astronomía, la primera de ellas la sitúa en la falta de jóvenes educadores e investigadores formados en el campo, la segunda, la falta de memoria didáctica, que se encuentra vinculada con la primera dificultad, debido a que, si no hay formación disciplinar de base, pues poca será la literatura y autores que trabajen para comprender la disciplina.

Lo anterior, no es un indicador de que las temáticas relacionadas con la astronomía no puedan ser llevadas al aula, al contrario, estas reflexiones deben fortalecer los conocimientos disciplinares y lo que demanda la enseñanza de sus objetos de estudio, promoviendo desde la didáctica específica del campo acciones que le permitan al estudiante establecer relaciones directas con fenómenos de su cotidianidad, atribuyendo un sentido diferente a los temas que son abordados dentro del aula. En este orden, el sujeto construye su conocimiento de acuerdo con lo establecido por Piaget, para que siga evolucionando en sus comprensiones y alcances cognitivos siendo crítico sobre sus realidades.

2.3. Importancia del uso de los modelos en las clases de ciencias

Un modelo puede definirse como una representación de un objetivo (el referente). Los referentes representados por los modelos pueden ser diversas entidades tales como objetos, fenómenos, procesos, ideas o sistemas. (Acevedo-Díaz, J., et al, 2017). Los modelos científicos que se llevan a la escuela son aplicaciones de fenómenos relevantes para la vida (Couso, 2020). En este sentido, los estudiantes construyen modelos en su proceso de enseñanza con los que buscan representar aquellas cosas, ideas, observaciones, opiniones, es decir, es una estrategia con la cual buscan exteriorizar su pensamiento.

Los modelos científicos escolares no son versiones simplificadas o incompletas de los modelos

científicos de la ciencia profesional, sino una reconstrucción didáctica del conocimiento científico consensuado realizada especialmente para favorecer su enseñanza y aprendizaje (Couso, 2020). A su vez, permitir que los estudiantes planteen los modelos, no significa que lo hagan tal cual como lo muestra la ciencia, sino que con estas primeras representaciones pueden dar a conocer las comprensiones que van alcanzando sobre las explicaciones científicas que se dan sobre determinado sistema.

Otro aspecto importante para considerar en el proceso de modelización en la enseñanza de las ciencias es precisar el papel que cada uno de los pares involucrados tiene en su proceso de construir dicho modelo. Por ello, Mena (2017) describe que el proceso de modelización se desarrolla con una secuencia de enseñanza y aprendizaje, dirigida a modelar las representaciones de los estudiantes acerca de las funciones vitales teniendo en cuenta las actividades científicas escolares, para que el estudiante aprenda a explicar y predecir hechos del mundo.

De igual modo, se puede identificar que la construcción de modelos por parte de los estudiantes es una aproximación a las ideas que tienen, en la medida que exponen las explicaciones que van construyendo sobre determinados fenómenos, estas ideas están en constante transformación, o sea se reconstruyen, modifican y se hacen cada vez más explícitas con el paso del tiempo, mientras establecen nuevas relaciones cognitivas.

El rol del maestro en la construcción de estos modelos es de facilitador. En otros casos, es el docente el encargado de construir el modelo para evocar diferentes experiencias en el proceso de enseñanza y aprendizaje de los estudiantes. Hace uso de diferentes recursos que le permiten a los estudiantes vivenciar, recrear el fenómeno, por ejemplo, haciendo uso de maquetas u otros dispositivos para garantizar una experiencia a través de diversas formas de representación.

En ese orden, se considera el modelo científico escolar como una representación de los fenómenos objeto de estudio, reconstruidos a partir de las reflexiones didácticas que sustentan la construcción de conocimiento científico en el aula. En consecuencia, uno de los objetivos de la educación en ciencias para Couso (2020) es desarrollar las ideas o modelos iniciales que poseen los estudiantes para explicar un fenómeno con el fin de establecer relaciones coherentes con las ideas de la ciencia adecuadas al nivel de la escuela.

3. Metodología

El estudio se desarrolló bajo la tendencia de la investigación cualitativa, teniendo en cuenta que se abordó una problemática del contexto social con la que se buscaba tener una aproximación de cómo los niños y niñas configuran conocimiento sobre el sistema solar, lo que implicó la interpretación de algunas interacciones en el aula.

Para la primera fase del ejercicio de indagación, se estructuró una prueba diagnóstica con el fin de reconocer las representaciones iniciales que tienen los niños de una institución educativa de la ciudad de Bogotá, en la que participaron 47 estudiantes de grado segundo, jornada de la tarde. La prueba se dividió en tres momentos. El primero consistió en identificar los elementos que relacionan los niños cuando se hace referencia al término sistema solar, por lo tanto, se solicitó a los estudiantes realizar un dibujo en el que plasmaran sus aproximaciones y experiencias sobre la temática abordada. El segundo momento permitió conocer las explicaciones que poseen los niños sobre el fenómeno del día y la noche, haciendo un conjunto de preguntas abiertas relacionadas con la situación. Por último, en el tercer momento, se hizo una prueba con preguntas cerradas que permitió reconocer las características que atribuyen los niños a elementos que componen el sistema solar y la manera cómo establecen diferencias entre los planetas.

3.1. Descripción de los participantes

La población con la cual se desarrolló la investigación fueron estudiantes de grado segundo

del Colegio Santa Librada IED, ubicado en la localidad quinta de Usme de la ciudad de Bogotá, pertenecientes al estrato socioeconómico uno y dos; las edades de los niños se encuentran en un rango entre los siete y nueve años de edad. El grado estaba compuesto por 22 estudiantes del curso 201 y 25 estudiantes del curso 202.

3.1. Descripción de la prueba diagnóstica como instrumento de recolección de información

La prueba diagnóstica se planteó con el fin de identificar las representaciones que poseen los estudiantes acerca del sistema solar, alcanzadas a través de la interacción con el entorno y de los modelos explicativos abordados previamente en clase de ciencias naturales. La prueba se dividió en tres momentos. En el primer momento se solicitó a los estudiantes realizar un dibujo sobre la manera como conciben el sistema solar. En el segundo momento, se planteó un conjunto de preguntas abiertas en la que se reconoció parte de la experiencia sensible, se indagó sobre aspectos generales del día y la noche, de observaciones acerca de las cosas que pasan en el cielo.

Finalmente, en el tercer momento, se presentó una pequeña prueba, donde se intentó establecer el conocimiento de los estudiantes sobre la luna, características generales de los planetas, entre otros aspectos. Asimismo, se realizó una pregunta en la que se presentó la imagen del modelo heliocéntrico del sistema solar, para establecer si la habían abordado en algún momento del proceso educativo, es decir, si les era familiar el modelo que se encontraba en la imagen.

4. Resultados

Al analizar los modelos que realizan los estudiantes de grado segundo sobre la temática del sistema solar, se hace evidente que el tema ha sido abordado en los escenarios académicos y que en sus comprensiones se encuentran determinados elementos (planetas, órbitas, el sol, “extraterrestres”) que son organizados de diferente manera, por ejemplo, existen modelos en los que ubican en un lado el sol (extremo de la hoja) y en

línea recta los planetas o el sol en el centro y los planetas girando a su alrededor unidos por líneas en formas de órbitas.

Es de notar, que estas representaciones están estrechamente relacionadas con imágenes que fueron presentadas por los docentes en las clases de ciencias. En la Figura 1, se presenta las categorías que surgen después de analizar las construcciones realizadas por los estudiantes con los elementos más sobresalientes y el porcentaje de estudiantes que realizan este tipo de representación.

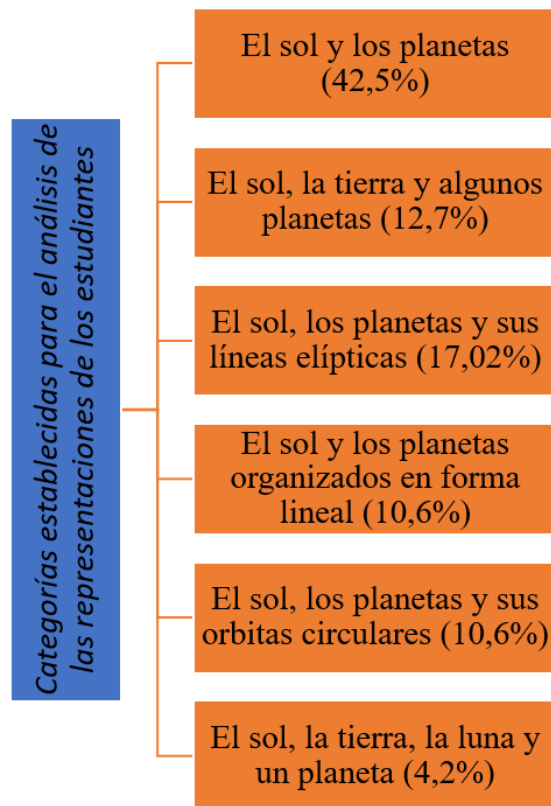


Figura 1. Categorías establecidas para las representaciones de los estudiantes.

En la primera categoría denominada “el sol y los planetas” los estudiantes ubican al sol como el objeto más grande del sistema solar y los planetas se encuentran acompañando a ese objeto. En esta categoría se puede observar que los estudiantes intentan asemejar su dibujo con las imágenes

abordadas en experiencias previas. Conocen que no solamente existe el planeta tierra, sino que además de este, otros cuerpos celestes. También se puede evidenciar que los planetas no están sujetos a una órbita, sino que se encuentran simplemente en el espacio. El 42,5% de las representaciones elaboradas por los estudiantes conforman esta categoría.

La segunda categoría que podemos ubicar en los análisis de esta prueba diagnóstica la denominamos “el sol, la tierra y algunos planetas”, similar a la categoría anterior, se puede identificar que los estudiantes proyectan en sus representaciones el sol como el objeto más grande del sistema solar, sin embargo, la diferencia radica en que los estudiantes solamente reconocen algunos de los planetas que lo conforman, se reitera que la tierra es un planeta y que existen algunos cuerpos celestes. El 12,7% de las representaciones elaboradas por los estudiantes se encuentran en este grupo.

La tercera categoría se llamó “el sol, los planetas y sus líneas elípticas”, sigue siendo evidente que los niños conciben que el sol es el objeto más grande del sistema solar y que existe un conjunto de planetas en el espacio. El aspecto más relevante de esta categoría es que logran crear orbitas sobre los planetas y por medio de ellas, se completan la trayectoria alrededor del sol. Los planetas se ubican alrededor del sol y las orbitas son elípticas. Solo 17,02% de los estudiantes hace esta representación evocando el sistema propuesto por la ciencia para explicar lo que ocurre en el espacio.

La cuarta categoría “el sol y los planetas organizados en forma lineal”, se puede identificar que las representaciones que realizan los estudiantes vienen dadas por una serie de objetos ubicados de manera lineal, es decir, un planeta se ubica al lado del otro, se reconoce el sol como el objeto más grande del sistema solar, se identifican los demás planetas que conforman el sistema solar aparte de la tierra, algunos de ellos contienen orbita, pero la diferencia en torno a las categorías anteriormente descritas es la organización en la que se mantiene una secuencia de los planetas. El sol está ubicado en

una esquina de la hoja y los plantea seguidos de él. Se tiene un porcentaje del 10,6% de las representaciones elaboradas por los estudiantes. Es de notar que en algunos libros de texto se presentan estas representaciones, las cuales no se encuentran muy lejanas de las propuestas por los estudiantes.

Como quinta categoría se tiene “el sol, los planetas y sus orbitas circulares” en las representaciones que los estudiantes elaboran continúa ubicando el sol como el objeto más grande del sistema solar, acompañado de la tierra y los demás planetas que componen el sistema solar, pero en cuestión de dibujar las orbitas de los planetas lo hacen de manera circular, algo similar al modelo planteado por Copérnico cuando realizó su modelo del sistema solar, no representan los planetas de forma lineal sino ubicados en diferentes espacios de las orbitas. Para esta, se tiene un porcentaje del 10,6% de las representaciones elaboradas por los estudiantes.

Para la sexta y última categoría llamada “el sol, la tierra, la luna y un planeta”, las representaciones elaboradas muestran el sol como el objeto más grande del sistema solar, y en uno de los dibujos se representa la tierra acompañada de la luna, a diferencia del otro dibujo que muestra la tierra acompañada del planeta marte; esta categoría muestra que aunque no se evidencian otros cuerpos celestes, se toma en cuenta que el sol y la tierra no están solo sino que, algún objeto más está al lado de ellos. En esta, se tiene un porcentaje del 4,2% de las representaciones elaboradas por los estudiantes.

Finalizando, se puede expresar que tres dibujos no logran ubicarse en ninguna de las categorías descritas anteriormente dado que, en uno de ellos, no se representa el sistema solar, sino lo que está en el planeta tierra, es decir, las nubes, el mar, el viento, y dada esta condición dicho dibujo no podría agruparse en ninguna de las categorías propuestas, y dos dibujos solo plasman una figura circular. La Figura 2 muestra las representaciones elaboradas por los estudiantes.



Figura 2. Representaciones elaboradas por los estudiantes.

En el segundo momento de la actividad diagnóstico, se tuvo una aproximación al fenómeno del día y la noche, los estudiantes logran caracterizar varios elementos que son observables, en el día: el cielo, el sol (luz radiante), las nubes (figuras en las nubes), en la noche, la luna, las estrellas (puntos), la oscuridad, “platos negros”, nubes. Sin embargo, al preguntar por la ocurrencia del día y la noche no dan una respuesta que se aproxime a las explicaciones de la ciencia, se encuentran afirmaciones como: “En el día el cielo es azul y hay luz del sol, en la noche esta la luna y las estrellas.”, “En el día hace mucho sol, en la noche hace mucho frío” “Porque esta apagada la luz y esta prendida la luz.” “El sol se esconde por la noche.” Esta última es recurrente, para los niños, atribuyen determinadas acciones al sol, pero no el movimiento de la tierra para que se produzca la noche “el sol se escondió en las nubes”

“Yo creo que se va a dormir”, existe otras respuestas que evocan la idea de movimiento, pero en este caso, del sol. “Se esconde en las montañas” “Esta en el otro pedazo de la tierra”.

En el tercer momento de la prueba diagnóstica donde se realizó un test con preguntas relacionadas con la luna y sus fases, características de los planetas, se evidencia que la mayor parte de los estudiantes logra asociar una imagen con la fase de la luna correspondiente. Identifican la forma como se podría ver la tierra desde el exterior, encontrando las diferencias con el sol, Júpiter y Marte. Le atribuyen a la tierra ser el planeta más grande del sistema solar y el más pequeño mercurio.

5. Conclusiones y/o consideraciones finales

El ejercicio realizado como actividad diagnóstica hizo evidente que el modelo del sistema solar ha sido implementado en la escuela y se observa que la mayor parte de los estudiantes ha tenido una apropiación de él, en la medida, que logran dibujar como mínimo el sol y algunos de los planetas. La temática no es desconocida pues no se presentó ninguna dificultad al momento de solicitar la representación.

Genera curiosidad ver como un gran número de estudiantes intenta plasmar sus comprensiones siguiendo los modelos que se presentan en los libros o en las explicaciones de los docentes, pero en la interacción no se evidencia mayor explicación de por qué se ubican de esa manera los planetas, cuáles son las características o las relaciones entre ellos. Pareciera que tienen la imagen registrada del modelo en su mente, pero no existen argumentos para dinamizar sus propios dibujos.

Como se ha descrito anteriormente, los estudiantes no presentan dificultad para evocar elementos del sistema solar, incluso reproducen la imagen que se emplea para explicar la temática, pero las explicaciones están alejadas de su realidad, debido a que estos no se asocian con el movimiento de la tierra, fenómenos como el día y la noche, entre otros.

Una de las características más comunes observadas en los dibujos realizados por los niños y niñas es que el sol es el elemento más grande del sistema solar, pero cuando se realizan preguntas sobre esta situación priorizan su experiencia sensible en la que el sol se ve más pequeño desde la tierra, lo que implica que se requiere un proceso para llevar al estudiante a salir de su egocentrismo, es decir, llevarlo a pensar la forma como se han estructurado las explicaciones del sistema solar fuera de él.

El uso del modelo es vital para llevar al estudiante a pensar la manera como se organiza el sistema solar, sin embargo, se hace evidente que este proceso debe acompañarse de un trabajo didáctico para que el estudiante no solo asuma la imagen que se quiera dar a conocer con la maqueta o con la diapositiva, sino que pueda establecer relaciones con su cotidianidad y comprender mejor las temáticas.

En los dibujos realizados por los niños se representa “su propio” modelo del sistema solar, acorde con las edades en las que se encuentran, los niños manifiestan que les gusta conocer sobre los planetas, el sol, las estrellas. Lo que se convierte en una oportunidad para la construcción de conocimiento científico escolar, debido a que sienten curiosidad por estas temáticas.

6. Referencias

- Acevedo-Díaz, J., García-Carmona, A., Aragón-Méndez, M., Oliva-Martínez, J. (2017). Modelos científicos: significado y papel en la práctica científica. *Revista Científica* (30), 155-166.
- Camino, N. (2018). Reflexiones sobre la enseñanza de la astronomía. *Góndola, enseñanza y aprendizaje de las ciencias* (13), 193-194.
- Camino, N. (2021). Diseño de actividades para una didáctica de la astronomía vivencialmente significativa. *Góndola, enseñanza y aprendizaje de las ciencias*, 16(1), 15-37.
- Couso, D. (2020). Aprender ciencias involucra aprender ideas potentes de la ciencia: la modelización ayuda a la explicación-predicción de fenómenos. En D. Couso, M. Jiménez, C. Refojo, J. Sacristán (Coords)

Muñoz, K.; Castro, D. (2023). papel del modelo en las representaciones que realizan los niños de grado segundo en el estudio del sistema solar.

Enseñando Ciencia con ciencia. (149-151). Penguin Random House.

Fabregat, V (2016, septiembre 23). La astronomía como ciencia a didáctica. *Observatorio astronómico turístico*. <https://astromaestrat.es/la-astronomia-como-ciencia-didactica/?v=ca0a754733ae>

Linares, A. (1994). *Desarrollo cognitivo: las teorías de Piaget y Vygotsky*. Universidad Autónoma de Barcelona.

Mena, A. (2017). *El proceso de modelización en la enseñanza y el aprendizaje de las funciones vitales como estudiantes de quinto grado de primaria* [Tesis de maestría, Universidad de Antioquia]. Repositorio institucional Universidad de Antioquia.

Ministerio de Educación Nacional, (1994). Lineamientos básicos de competencias en ciencias naturales.

Ministerio de Educación Nacional, (2004). Estándares básicos de competencias en ciencias naturales.

Ministerio de Educación Nacional, (2016). Derechos básicos de aprendizaje.



UNIVERSIDAD DISTRITAL
FRANCISCO JOSÉ DE CALDAS

Góndola, Enseñanza y Aprendizaje de las Ciencias

Número especial, v18, 2023.

11 Congreso Nacional de Enseñanza de la Física y la Astronomía



Crónica de Experiencia

LOS DIAGRAMAS DE PENROSE, UNA PUERTA HACIA LA COMPRENSIÓN DE LA ENERGÍA OSCURA

PENROSE DIAGRAMS, A DOOR TOWARDS THE COMPREHENSION OF DARK ENERGY

DIAGRAMAS DE PENROSE, UMA PORTA PARA A COMPREENSÃO DA ENERGIA ESCURA

Juan Manuel Peña Díaz^{1*}, Tomás David Campo Martínez^{2**}

Peña, J.; Campo, T. (2023). Los diagramas de Penrose, una puerta hacia la comprensión de la energía oscura. *Góndola, Enseñanza y Aprendizaje de las Ciencias*, Número especial, v18, pp.1-12

Resumen

El siguiente artículo pretende realizar la construcción de los diagramas de Penrose para representar el Universo de De-Sitter, para tener un soporte visual que permita explicar el concepto de *energía oscura*. Se tienen como objetivos: 1. Reconstruir conceptos de la Teoría General de la Relatividad, tales como métrica pseudo-riemanniana y espacio-tiempo. 2. Representar el Universo de De-Sitter por medio de los diagramas de Penrose. 3. Generar interés en los estudiantes acerca de las temáticas de la Teoría General de la Relatividad utilizando un objeto como la energía oscura. En la actualidad los modelos cosmológicos que mejor se acercan a los datos recopilados de las observaciones astronómicas recientes, plantean la existencia de un campo escalar que se opone a la atracción gravitacional entre los cuerpos y que además genera una aparente repulsión entre estos. Este campo está asociado a la constante cosmológica de las ecuaciones de la gravitación de Einstein y se le otorga el nombre de energía oscura debido a la incapacidad de medirla o detectarla. El trabajo utiliza la investigación documental como metodología ya que permite una búsqueda y almacenamiento de información para su análisis y su presentación sistemática, coherente y suficientemente argumentada, a través de un análisis descriptivo-explicativo. Los diagramas de Penrose-Carter permiten por medio de una figura llamativa generar un marco explicativo en el que se abordan temas como la inflación del Universo, la energía oscura y su papel en ella, el fondo cósmico de microondas, etc. El diagrama cumple entonces con dos objetivos planteados, el primero es generar interés debido a su forma y segundo crear una explicación que permita entender el papel de la energía oscura en el modelo inflacionario.

Palabras-Clave: Geometría, variedad, universo, gráfico, luz.

Abstract

The following article pretends to construct the Penrose diagrams to represent the De-Sitter Universe. Likewise, to be a visual support to explain the concept of dark energy.

^{1*} Master Enseigner à l'étranger. Université Jean Jaurès, Francia. juanmanuelpenadiaz11@gmail.com - ORCID <https://orcid.org/0000-0001-8585-3982>

^{2**} Licenciado en Física. Universidad Pedagógica Nacional, Colombia. dfi_tdcompom612@pedagogica.edu.co - ORCID <https://orcid.org/0000-0003-4846-7403>

The objectives are: 1. To reconstruct concepts of the General Theory of Relativity, such as pseudo-Riemannian metric and space-time. 2. To represent the De-Sitter Universe by means of Penrose diagrams. 3. To stimulate the students' interest in General Theory of Relativity subjects, using dark energy as the object of study. At present, the cosmological models that best approximate the data collected from recent astronomical observations propose the existence of a scalar field. This field opposes the gravitational attraction between bodies and generates an apparent repulsion between them. It is associated with the cosmological constant of Einstein's gravitational equations and is called dark energy due to the inability to measure or detect it. The work uses documentary research as a methodology, since it allows a search and storage of information for its analysis and its systematic, coherent and sufficiently argued presentation, through a descriptive-explanatory analysis. Through a striking figure, the Penrose-Carter diagrams generate an explicative framework covering topics such as the inflation of the Universe, dark energy and its role in it, the cosmic microwave background, etc. The diagram thus fulfills two objectives. The first is to generate interest due to its shape. And the second is to explain the role of dark energy in the inflationary model.

Keywords: Physics, graphic, light.

Resumo

No seguinte artigo pretende realizar a construção dos diagramas de Penrose para representar o Universo de De-Sitter, para ter um suporte visual que permita explicar o conceito de energia escura. Têm-se como objetivos: 1. Reconstruir conceitos da Teoria Geral da Relatividade, tais como métrica pseudo-Riemanniana espaço-tempo. 2. Representa o Universo de De-Sitter através dos diagramas de Penrose. 3. Gerar interesse nos estudantes sobre as temáticas da Teoria Geral da Relatividade utilizando um objeto como a energia escura. Atualmente, os modelos cosmológicos que melhor se aproximam dos dados recolhidos das observações astronômicas recentes, apresentam a existência de um campo escalar que se opõe à atração gravitacional entre os corpos e que além disso gera uma aparente repulsão entre eles. Este campo está associado à constante cosmológica das equações da gravitação de Einstein e lhe é concedido o nome de energia escura devido à incapacidade de medi-la ou detectá-la. O trabalho utiliza a pesquisa documental como metodologia, já que permite uma busca e armazenamento de informação para sua análise e sua apresentação sistemática, coerente e suficientemente argumentada, através de uma análise descritivo-explicativo. Os diagramas de Penrose-Carter permitem por meio de uma figura impressionante gerar um quadro explicativo no qual se abordam temas como a inflação do Universo, a energia escura e seu papel nela, o fundo cósmico de microondas, etc. O diagrama então atende a dois objetivos definidos, o primeiro é gerar interesse devido à sua forma e segundo criar uma explicação que permita entender o papel da energia escura no modelo inflacionário.

Palavras-Chave: Física, gráfico, luz.



UNIVERSIDAD DISTRITAL
FRANCISCO JOSÉ DE CALDAS

Góndola, Enseñanza y Aprendizaje de las Ciencias

Número especial, v18, 2023.

11 Congreso Nacional de Enseñanza de la Física y la Astronomía



Crónica de Experiencia

1. Introducción

La historia de la cosmología ha sido ampliamente estudiada usando la teoría general de la relatividad de Einstein. Hoy en día se sabe que el Universo se encuentra en expansión, pues se ha observado que la distancia entre galaxias se incrementa constantemente y cada vez más rápido.

Usando esta misma teoría en el presente artículo se abordarán algunos conceptos que permiten dotar al Universo de una estructura matemática. Para ello se presentará un breve marco teórico de los elementos fundamentales de la geometría de Riemann que son utilizados para el estudio de las ecuaciones de Einstein. Entre estos, se resalta la importancia de la métrica pseudo-riemanniana, que describe y da características geométricas al Universo, para, así, evidenciar cómo, desde el postulado de invariancia de la luz en marcos inerciales, se redefine la causalidad.

Para este cometido, se usaron textos posgraduales y artículos netamente científicos que permiten conocer los aspectos relevantes de la teoría y sus explicaciones. Adicionalmente, se consultaron algunos textos divulgativos, con el fin de usar ejemplos basados en la literatura de acceso público.

Con esto en mente, se quiere mostrar la solución a las ecuaciones de Einstein mediante el modelo estándar de la cosmología, particularmente con las condiciones de De-Sitter, donde se asume un Universo en expansión, explicando la relación que tiene este con la energía oscura y las implicaciones que trae.

Se decidió usar los diagramas de Penrose-Carter ya que permiten condensar los conceptos abordados en el artículo, demostrando ser una herramienta de

fácil construcción y llamativa, que posibilita la generación un entorno de divulgación y enseñanza de la cosmología relativista.

2. Marco Teórico.

Sea \mathcal{M} un *espacio topológico*³ con una topología $\tau \subseteq \wp(\mathcal{M})$. Se dice que el par (\mathcal{M}, τ) es una variedad topológica si y sólo

1. $\emptyset, \mathcal{M} \in \tau$
2. $\forall U_\alpha \in \tau \mid U_{\alpha \in I} \{U_\alpha\} \in \tau$ y
3. $\forall U_\alpha, U_\beta \in \tau \mid U_\alpha \cap U_\beta \in \tau$

Sea (\mathcal{M}, τ) un espacio topológico. Se dice que este espacio topológico es una *variedad topológica*⁴ si y sólo si \mathcal{M} es espacio de Hausdorff, 2-contable y localmente homeomorfo a \mathbb{R}^n .

Las variedades topológicas pueden ser dotadas de coordenadas localmente por medio de parches coordenados. Al tomar un par de abiertos⁵, esto es, $U \in \wp(\mathcal{M})$ y $V \in \wp(\mathbb{R}^n)$, se define un homeomorfismo⁶ $\varphi: U \rightarrow V$, entonces, se denomina al par (U, φ) como carta coordenada y a U como dominio coordenado y φ como mapa coordenado. Las funciones coordenadas euclidianas son n-tuplas $(x_1, \dots, x_n) \in \mathbb{R}^n$, de tal manera que a un punto arbitrario $p \in \mathcal{M}$, se le puede mapear mediante φ como $\varphi(p) = (x_1(p), \dots, x_n(p))$, para dotar localmente a \mathcal{M} con coordenadas.

Ahora, se toma una colección de cartas coordenadas, $\{U_\alpha, \varphi_\alpha\}$, de tal modo que todos los dominios coordenados son un cubrimiento para \mathcal{M} , esto es, que $\mathcal{M} = \cup_{\alpha \in I} U_\alpha$. A esta colección se le denomina atlas, denotado como \mathcal{A} , si y sólo si, para todo $U_\alpha, U_\beta \in \wp(\mathcal{M})$, tal que $\varphi_\alpha: U_\alpha \rightarrow V_\alpha$ y

³ Un espacio topológico es una estructura que permite definir continuidad en un conjunto dado.

⁴ Una variedad topológica es un espacio topológico que localmente se comporta como el espacio euclidiano.

⁵ Subconjuntos abiertos.

⁶ Una función continua entre dos espacios topológicos.

$\varphi_\beta: \mathcal{U}_\beta \rightarrow \mathcal{V}_\beta$ son mapas coordenados, entonces, si $\mathcal{U}_\alpha \cap \mathcal{U}_\beta \neq \emptyset$, existe un mapeo

$$\varphi_\beta \circ \varphi_\alpha^{-1}: \varphi_\alpha(\mathcal{U}_\alpha \cap \mathcal{U}_\beta) \rightarrow \varphi_\beta(\mathcal{U}_\alpha \cap \mathcal{U}_\beta)$$

denominado como mapa de transición, que permite pasar de \mathcal{V}_α a \mathcal{V}_β continuamente. Si la composición de mapeos $\varphi_\beta \circ \varphi_\alpha^{-1}$ es continua e infinitamente diferenciable y, además, tiene inversa infinitamente diferenciable, es denominada como difeomorfismo. Se dice que \mathcal{A} tiene una estructura de suavidad o que es un atlas suave, si y sólo si todos sus mapas de transición son difeomorfismos. De acuerdo a lo anterior, sean \mathcal{M} , una variedad topológica, y \mathcal{A} un atlas suave, tal que al par $(\mathcal{M}, \mathcal{A})$ se le denomina, naturalmente, como variedad suave.

Sea $f: \mathcal{M} \rightarrow \mathbb{R}^m$ una función continua y suave y $\varphi: \mathcal{U} \rightarrow \mathcal{V}$ un mapa coordenado suave, tal que la composición $f \circ \varphi^{-1}$ es suave en el abierto $\mathcal{V} \in \mathcal{P}(\mathbb{R}^n)$. A esta composición $f \circ \varphi^{-1}$ se le denomina como representación coordenada de f . Existe una colección de funciones continuas y suaves denominada como la clase de funciones infinitamente diferenciables, denotadas como \mathcal{C}^∞ y, en este caso, como el dominio es \mathcal{M} , lo escribimos como $\mathcal{C}^\infty(\mathcal{M})$. Como f es de esta clase de funciones, se dice que $f \in \mathcal{C}^\infty(\mathcal{M})$.

Se define una curva $\alpha: I \rightarrow \mathcal{M}$, donde I es un intervalo cerrado real, tal que $\alpha(I) \subseteq \mathcal{M}$, para todo $\lambda \in I$, y $\alpha(\lambda_0) = p \in \mathcal{M}$ es un punto en \mathcal{M} . Si la curva α coincide con un intervalo en el dominio de f , se toma un $p \in \mathcal{M}$ por el que pasa α , tal que $\alpha(\lambda_0) = p$, con $\lambda_0 \in I$. Luego, la variación de f respecto a α se obtiene haciendo $f \circ \alpha$, y se toma su primera derivada $(f \circ \alpha)'(\lambda_0)$, que equivale a la pendiente de la recta tangente a α en el punto p y se escribe como $v_{\alpha,p}(f) = (f \circ \alpha)'(\lambda_0)$. Este es un mapeo lineal de la forma $v_p: \mathcal{C}^\infty(\mathcal{M}) \rightarrow \mathbb{R}$.

Por el punto p pasan infinitas curvas, por lo que todas estas satisfacen que la pendiente de la recta tangente será igual justo en ese punto, entonces, se

define una colección infinita de mapeos lineales v_p denominada como el espacio tangente en p , que se denota como $T_p\mathcal{M}$. Este conjunto satisface la estructura de un espacio vectorial con la adición de pendientes de rectas tangentes y con la multiplicación por escalar. Sus elementos son llamados vectores contravariantes. Por otro lado, la colección de todos los mapeos lineales que van de $T_p\mathcal{M}$ a \mathbb{R} es escrita como $\mathcal{L}(T_p\mathcal{M}, \mathbb{R})$ o $T_p^*\mathcal{M}$ y se denomina como espacio cotangente. También satisface la estructura de espacio vectorial y sus elementos son llamados vectores covariantes.

De lo anterior, se construye al espacio producto tensorial tangente al punto p como un mapeo multilinear denominado producto tensorial, escrito como $(\otimes_{i=0}^r T_p\mathcal{M}) \otimes (\otimes_{j=0}^s T_p^*\mathcal{M})$. Sus elementos son llamados tensores r veces contravariantes y s veces covariantes.

Sea $(\mathcal{M}, \mathcal{A})$ una variedad suave y una función métrica g que envía un par de vectores tangentes $(v_p, v_q) \in T_p\mathcal{M} \times T_q\mathcal{M}$ en $g(v_p, v_q) \in \mathbb{R}^+$, de tal manera que se puede tomar la distancia entre ellos dos. Decimos que la tripla $(\mathcal{M}, \mathcal{A}, g)$ es una *variedad de Riemann* si, y sólo si, g es una *métrica de Riemann*, esto es, que sea una forma bilineal⁷, simétrica, definida positiva y no degenerada o, explícitamente, que

1. Sean $v_p \in T_p\mathcal{M}$ y $v_q \in T_q\mathcal{M}$, tal que $g(v_p, v_q) = g(v_q, v_p)$.
2. Sean $v_p \in T_p\mathcal{M}$ y $v_q \in T_q\mathcal{M}$, tal que $g(v_p, v_q) \geq 0$.
3. Sean $v_p \in T_p\mathcal{M}$ y $v_q \in T_q\mathcal{M}$, tal que $g(v_p, v_q) = 0$ si y sólo si $v_q = 0$.

Ahora, al ver que es posible dotar de estructura lineal a cada punto de la variedad, entonces se puede considerar a un campo vectorial $X = X^i e_i = X_i e^i$ sobre esta y a la colección de todos los campos vectoriales sobre la variedad se le denota como $(T_p\mathcal{M})$. Se introduce una estructura adicional sobre $(\mathcal{M}, \mathcal{A}, g)$, que consiste en el concepto de conexión.

⁷ Una función bilineal que se envía en el espacio dual.

Una conexión ∇ en un punto $p \in \mathcal{M}$ es una asignación de cada pareja $(X, Y) \in \Gamma(T_p\mathcal{M}) \times \Gamma(T_p\mathcal{M})$, cada uno de clase $\mathcal{C}^r(\mathcal{M})$ (la clase de funciones r veces diferenciables sobre \mathcal{M}), en $\nabla_X Y \in \Gamma(T_p\mathcal{M})$. Se dice que $\nabla_X Y$ es la derivada covariante de Y en la dirección de X en el punto p , si y sólo si,

1. Para cada par de funciones $f, g \in \mathcal{C}^r(\mathcal{M})$ y campos vectoriales $X, Y, Z \in \Gamma(T_p\mathcal{M})$, al menos de clase \mathcal{C}^1 , se satisface que $\nabla_{fX+gY}Z = f\nabla_X Z + g\nabla_Y Z$.
2. Para cada par de campos vectoriales $Y, Z \in \Gamma(T_p\mathcal{M})$, al menos de clase \mathcal{C}^1 , y $\alpha, \beta \in \mathbb{R}$, $\nabla_X(\alpha Y + \beta Z) = \alpha\nabla_X Y + \beta\nabla_X Z$.
3. Para cada $f \in \mathcal{C}^r(\mathcal{M})$ y un campo vectorial $Y \in \Gamma(T_p\mathcal{M})$, al menos de clase \mathcal{C}^1 , se satisface que $\nabla_X(fY) = df \otimes Y + f\nabla_X Y$.

Esta derivada es definida como $\nabla_X Y = (\nabla_i Y^j)(e^i \otimes e_j) = \left(\frac{\partial Y^j}{\partial X^i} + \Gamma_{hi}^j Y^h\right)(e^i \otimes e_j)$, donde Γ_{hi}^j es denominado como símbolo de Christoffel⁸ de segundo tipo.

Vale la pena notar que las componentes de este tensor son entonces definidas como:

$$\nabla_i Y^j = \frac{\partial Y^j}{\partial X^i} + \Gamma_{hi}^j Y^h \quad (1)$$

Por lo otro lado, se tiene que:

$$\nabla_i Y_j = \frac{\partial Y_j}{\partial X^i} - \Gamma_{ij}^h Y_h \quad (2)$$

Como último concepto de la geometría de Riemann fundamental para este escrito, se considera a la curvatura en un punto $p \in \mathcal{M}$. Entonces, se considera una función R multilineal que envía $Z \in \Gamma(T_p\mathcal{M})$ en $R(X, Y)Z \in \Gamma(T_p\mathcal{M})$, este último definido como:

$$R(X, Y)Z = \nabla_X \nabla_Y Z - \nabla_Y \nabla_X Z - \nabla_{[X, Y]} Z \quad (3)$$

donde $\nabla_{[X, Y]} Z = \nabla_{\nabla_X Y} Z - \nabla_{\nabla_Y X} Z$. A la función R se le denomina tensor de curvatura de Riemann o, simplemente, tensor de Riemann, que es asimétrico, pues satisface que para cada $X, Y \in \Gamma(T_p\mathcal{M})$, $R(X, Y) = -R(Y, X)$, y satisface la identidad de Bianchi, esto es, para cada $X, Y, Z \in \Gamma(T_p\mathcal{M})$, $R(X, Y)Z + R(Z, X)Y + R(Y, Z)X = 0$.

Las respectivas componentes de los términos $\nabla_X \nabla_Y Z$ y $\nabla_Y \nabla_X Z$ son $\nabla_i \nabla_j Z^k$ y $\nabla_j \nabla_i Z^k$. Entonces, (3) puede ser escrito como

$$R_{kij}^h X^i Y^j Z^k = \nabla_i (Y^j \nabla_j Z^h) X^i - \nabla_i (X^j \nabla_j Z^h) Y^i - \nabla_j Z^h (X^i \nabla_i Y^j - Y^i \nabla_i X^j) \quad (4)$$

donde R_{kij}^h son las componentes del tensor de curvatura de Riemann. Por otra parte, la diferencia

$$\nabla_j \nabla_i Z^k - \nabla_i \nabla_j Z^k = R_{kij}^h Z^h \quad (5)$$

expresa la no conmutatividad de la segunda derivada covariante de Z en términos del tensor de Riemann.

Se puede obtener a la traza del tensor de Riemann haciendo la contracción:

$$R_{kij}^i = R_{kj} \quad (6)$$

Esta traza del tensor de Riemann es denominada como tensor de Ricci y se calcula mediante la expresión:

$$R_{kj} = \frac{\partial R_{kj}^i}{\partial X^i} - \frac{\partial \Gamma_{ki}^j}{\partial X^j} + \Gamma_{im}^i \Gamma_{jk}^m - \Gamma_{jm}^i \Gamma_{ik}^m \quad (7)$$

2.1. Modelación del Universo con la métrica de De-Sitter.

El espacio-tiempo, según la teoría de general de la relatividad, es una tripla $(\mathcal{M}, \mathcal{A}, g)$, denominada pseudo-variedad de Riemann si, y sólo si, g es una métrica lorentziana, esto es, que sea una forma bilineal, simétrica, indefinida⁹ y no degenerada. Que sea indefinida quiere decir que no es definida

⁸ Es un término que sirve para corregir a la derivada, esto es, que la derivada se ajuste de forma precisa a la variedad y evalúe los cambios punto a punto sobre esta.

⁹ Que puede ser menor, igual o mayor que cero.

positiva, que implica que $g(v_p, v_q) \geq 0$ y $g(v_p, v_q) < 0$. Este cambio de condición de la métrica implica la conservación del principio de causalidad, pues al tener como límite cósmico a la velocidad de la luz, todos los eventos sucederán a velocidades menores o iguales a esta.

Los postulados de la teoría general de la relatividad plantean lo siguiente:

Sean un abierto en el espacio-tiempo $\mathcal{U} \in \wp(\mathcal{M})$ y un par de puntos $p_1, p_2 \in \mathcal{U}$, entonces, existe una curva como de luz¹⁰ que envía a $t \in [0, t_f] \subset \mathbb{R}$ en $\alpha(t) = p \in \mathcal{M}$, donde $\alpha(0) = p_1$ y $\alpha(t_f) = p_2$, es decir, que dos puntos en una región finita del espacio-tiempo se pueden conectar con la luz. A este enunciado se le denomina como causalidad local.

Sea T^{ij} el tensor de momentum-energía, entonces, se satisface que $\nabla_i T^{ij} = 0$ si y sólo si los campos de materia desaparecen en $\mathcal{U} \in \wp(\mathcal{M})$, es decir, que la conservación de materia-energía es local.

Las ecuaciones que describen la dinámica en \mathcal{M} , el espacio-tiempo, son:

$$R_{ij} - \frac{1}{2}Rg_{ij} + \Lambda g_{ij} = \frac{8\pi G}{c^4}T_{ij} \quad (8)$$

Las soluciones de estas ecuaciones pasan a ser una de las principales tareas dentro de este marco teórico. Posteriormente, en dichas soluciones toman un papel aún más protagónico, específicamente en las modelaciones del Universo. En el contexto de la cosmología relativista, la idea de un Universo en expansión ha sido probada por el astrónomo Edwin Hubble (Bryson, 2011, pp. 159) y, años después, el descubrimiento del fondo cósmico de microondas demostró que, sin importar la galaxia en la que se sitúe un observador, siempre se observará que las galaxias vecinas se alejan (Greene, 2005, pp 393), pues se asume que todos los observadores están en igualdad de condiciones para juzgar dichos movimientos¹¹. Las observaciones de

Hubble y la existencia del fondo de microondas evidencian un patrón de homogeneidad del Universo (Greene, 2005, pp 372-420), debido a la detección de ondas electromagnéticas que provienen de todas las direcciones. Además, sin importar hacia donde se haga la medición, se recibe la misma cantidad de radiación, es decir, no hay una dirección privilegiada.

Hawking (2020), dice que gracias a estas observaciones, se dice que el Universo es homogéneo e isotrópico; es decir, un observador, localmente, evidencia que si realiza una traslación, el espacio a su alrededor permanece invariante, y si realiza rotaciones arbitrarias, nuevamente, el espacio permanece invariante.

2.2.1. El modelo estándar de la cosmología y los diagramas de Penrose-Carter.

En la cosmología relativista moderna, se trabaja con el *modelo estándar de la cosmología*, que plantea una colección de soluciones a las ecuaciones de campo que obedecen a la homogeneidad e isotropía del Universo, o, simplemente, el *principio cosmológico*. Las soluciones corresponden a un elemento de línea de la forma:

$$ds^2 = dt^2 - a(t)^2 (dr^2 + r^2 d\Omega_2^2) \quad (9)$$

A este elemento de línea se le denomina como *métrica FLRW*¹². Teniendo en cuenta a este modelo, se proponen soluciones que modelan Universos dinámicos, es decir, Universos que parten de un tamaño inicial y que luego se expanden.

Para el caso de De-Sitter, se determina una solución dinámica que describe un Universo en expansión acelerada. Luego, se transforma en una solución estática que permite desarrollar su *diagrama de Penrose-Carter*.

Un diagrama de Penrose-Carter es un diagrama conforme (Rodríguez, 2017), es decir, es una transformación sobre la métrica que conserva los

¹⁰ Que están sobre la superficie del cono de luz de un evento.

¹¹ A esta condición la llaman *principio copernicano*.

¹² Siglas de Friedmann, Lemaître, Robertson y Walker.

ángulos iguales, para este caso específico, los conos de luz van a conservar un ángulo de 90° sin importar el cambio de coordenadas efectuado.

Esto es muy importante ya que sin importar la transformación realizada sobre la métrica¹³, la causalidad no se verá afectada (Rodríguez, 2017); además, los diagramas de Penrose-Carter tienen la característica de contener un espacio infinito dentro de un espacio finito, como lo puede ser una hoja de papel.

En síntesis, se puede decir que un Diagrama Penrose-Carter es una representación de un espacio-tiempo en un espacio finito que preserva los ángulos internos de los conos de luz.

2.2.2. De-Sitter y la energía Oscura.

Einstein propuso un conjunto de ecuaciones sobre las que se concebiría la existencia de un universo estático agregando una constante, como se muestra en (8). Pinto (2020) asegura que agregar esta constante no afecta la física para resolver las ecuaciones, sin embargo, el físico Alexander Friedmann (1888-1925) utilizando las ecuaciones que llevan su nombre (10) y (11), las cuales fueron derivadas de las ecuaciones de campo de Einstein, demuestra que a pesar de la inclusión de esta constante el universo se expande. Las ecuaciones de Friedmann son

$$\frac{1}{a} \frac{d^2 a}{dt^2} = -\frac{4\pi G}{3} \left(\rho + \frac{3p}{c^2} \right) + \frac{\Lambda c^2}{3} \quad (10)$$

Al resolver estas ecuaciones con las condiciones del Universo de De-Sitter, se obtiene un factor de escala, que es una función que describe el ritmo de crecimiento o decrecimiento del Universo. En este caso, es entonces

$$a(t) = a_0 e^{\mathcal{H}(t-t_0)} \quad (11)$$

En este factor aparece la constante de Hubble, la cual da información sobre el tamaño inicial del Universo visible. Así, la métrica FLRW queda como

$$ds^2 = dt^2 - a_0^2 e^{2\mathcal{H}(t-t_0)} (dr^2 + r^2 d\Omega_2^2) \quad (12)$$

Mohajan (2017) dice que gracias a esta métrica se puede deducir que un Universo sin densidad de energía y sin presión se expande espacialmente. Dicha expansión es observada experimentalmente y su explicación se da gracias a la introducción de una hipótesis denominada como *energía oscura*. Este nombre es debido a que no se conoce su naturaleza, sólo se conocen las consecuencias de su existencia. La energía oscura es entonces un *combustible* que permite al Universo expandirse aceleradamente.

Para entender cómo se expande un universo y qué papel juega la constante de Hubble y el factor de escala en ello, se realiza la gráfica con diferentes valores para cada uno de los factores de $a_0 e^{\mathcal{H}(t-t_0)}$ como se muestra a continuación:

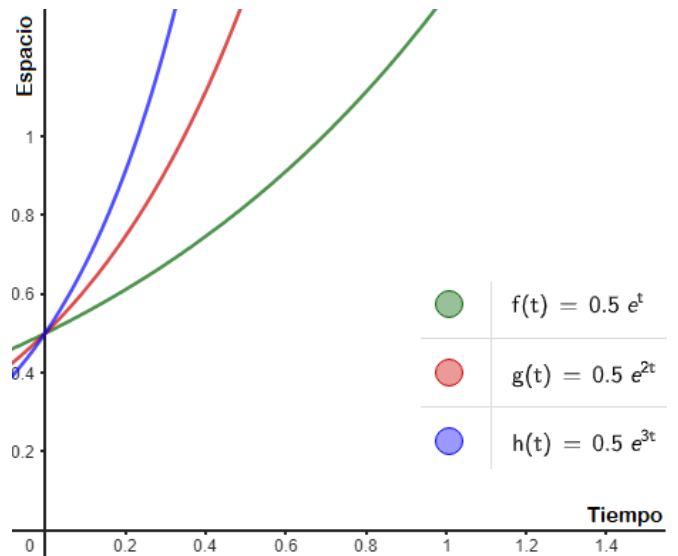


Figura 1. Se reemplaza la constante de Hubble por valores cada vez mayores ($\mathcal{H} = 1, 2, 3$) mientras el factor de escala se mantiene constante ($a_0 = 0.5$) Fuente: Los Autores.

¹³ Que describe el espacio-tiempo.

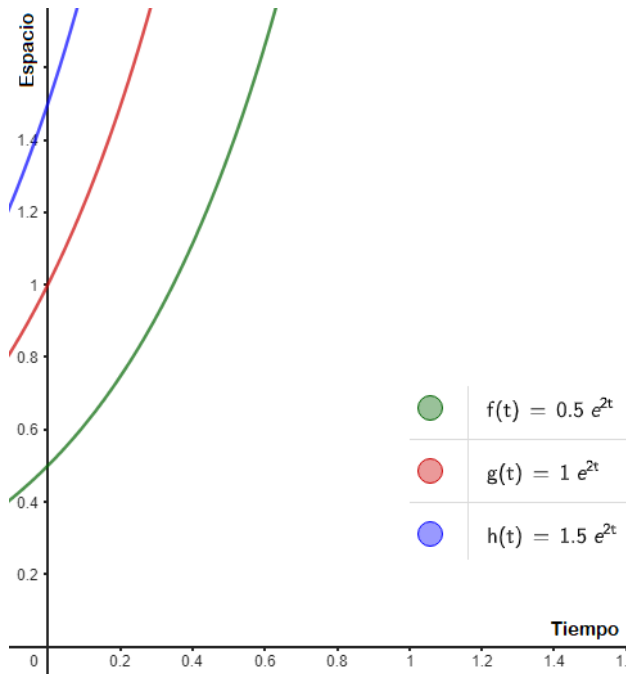


Figura 2. Se reemplaza el factor de escala por valores cada vez mayores ($a_0 = 0.5, 1, 1.5$) mientras la constante de Hubble se mantiene constante ($\mathcal{H} = 2$). **Fuente:** Los Autores.

Se aprecia cómo la constante de Hubble da información sobre la rapidez de expansión del Universo. Si esta es grande, el Universo se expande lentamente. Si no, lo hace rápidamente (Figura 1). En cambio, el factor de escala permite concebir el tamaño que tenía el Universo justo en el momento en que la luz logró moverse libremente a través del espacio, es decir, el tamaño del Universo al momento de la emisión inicial del fondo cósmico de microondas (Figura 2).

La energía oscura está relacionada con la constante de Hubble ya que indica la rapidez a la que se expande el Universo (Tafalla, 2020). Entre mayor sea el valor de dicha constante el Universo se expandirá a un mayor ritmo. Lamentablemente, el valor de la constante de Hubble aún no se determina, lo único que se sabe es que el Universo se encuentra en una etapa inflacionaria y por tanto en una etapa joven del mismo, lo que conlleva a la conclusión que aún hay energía oscura trabajando para expandirlo.

2.2.3. Observador en reposo.

Según Nuwasawa (2019), el universo que describe la solución de De-Sitter es uno que permite realizar una transformación conforme, es decir, la métrica puede ser sometida a un cambio de coordenadas que permite representar la solución en un espacio finito. Para este caso, una hoja de papel, llegando a una métrica de la forma:

$$ds^2 = \frac{l}{\mathcal{H}^2 \cos^2(\tau)} (d\tau^2 - d\chi^2) \quad (13)$$

Si se hace $\mathcal{H} = 1$ se obtiene una región conforme y plana, que corresponde al interior del cuadrado determinado por los intervalos $\chi \in (-\pi, \pi)$ y $\tau \in (-\pi/2, \pi/2)$, donde χ es una variable asociada al espacio, mientras que τ está asociada al tiempo. Lo anterior, arroja el siguiente diagrama:

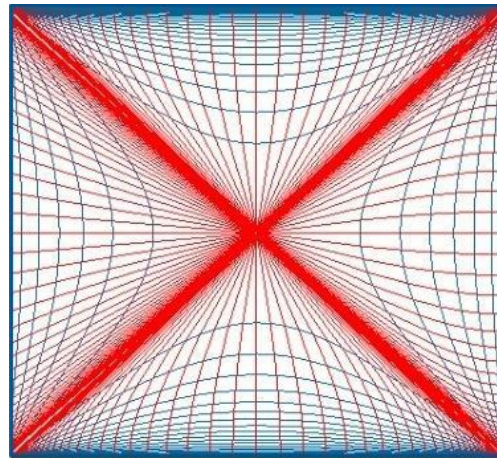


Figura 3. El diagrama está dividido en 4 regiones claramente separadas por horizontes, ubicando observadores en los lados de cada triángulo, ellos solo podrán afectar y observar lo que se encuentre dentro del triángulo del cual hacen parte. **Fuente:** Los Autores.

El Diagrama de Penrose-Carter obtenido (Figura 3) para esta solución permite crear 2 tipos de fronteras espaciales “inalcanzables”, siendo I^+ el infinito futuro, y I^- el infinito pasado. Esto se debe a la naturaleza del tiempo, ya que aún es imposible conocer su inicio o su final, se asume que este seguirá creciendo hasta el infinito y por ende debería provenir de un pasado de la misma naturaleza.

Para el caso del Espacio, es posible pensar en el Universo como una esfera que crece y, por tanto, tiene dos polos. Dichos polos, con el paso del tiempo, estarán desconectados causalmente, ya que la luz es el límite de la rapidez con la cual es posible afectar un suceso. De esta manera, es imposible ahora generar una acción de polo a polo que pueda ser causalmente válida, ya que, para ser así, esta acción debería viajar más rápido que la luz.

2.2.4. Explicación de la frontera cosmológica y su relación con la energía oscura.

El diagrama de De-Sitter (Figura 3) presenta la particularidad de tener fronteras cosmológicas, las cuales se interpretan como regiones que separan la zona de influencia causal que tiene un observador sobre cierto espacio.

Por ejemplo, un observador situado en el polo norte del diagrama tiene dos fronteras cosmológicas que lo “encierran” en un triángulo. Este triángulo representa lo que él puede observar y afectar, es decir su mundo está restringido a ese espacio.

Es algo parecido a nuestra relación con el fondo cósmico de microondas, a pesar de querer observar más allá de él, no es posible. Esta es la frontera observable, el punto más lejano desde el cual se puede recibir información, más allá de dicha frontera, no es posible hacer observaciones.

También es de importante notar que puede pensarse como si el Universo no permitiera interactuar con ciertas regiones por su continua expansión, es decir, si se piensa enviar una señal al borde que tenía el Universo hace 2 horas, debido a su lejanía con la Tierra, este se aleja demasiado rápido y, por esto, la señal enviada jamás llegará, ya que la máxima velocidad a la que puede ir dicha señal es la velocidad de la luz. Para llegar hasta allí, se violaría este principio, es decir, que existe una frontera sobre la cual es imposible ejercer cualquier tipo de influencia.

Estas dos situaciones se pueden explicar con ayuda de los diagramas ya que la frontera cosmológica permite entender que vivir en un Universo en

expansión significa no conocer jamás el Universo completo y, además, no poder relacionarse causalmente a través de él, como si hubiese una especie de censura cosmológica. Eso sí, tal frontera no evita que los cuerpos puedan pasar a través de ella (Greene, 2005, pp 372-420), probablemente, si se está lo suficientemente cerca de ella, sea posible observar lo que se encuentra más allá si se logra traspasarla.

Greene (2005) asegura que esta censura delimita la región del espacio sobre el cual la física conserva sus simetrías (pp 372-420), ya que, según las observaciones, la física que es válida en la Tierra lo es también en el Universo observable. Sin embargo, no se puede afirmar lo mismo más allá de esa frontera. Esto también asegura que los relojes ubicados en cualquier parte del Universo observable funcionan de la misma manera, gracias a la homogeneidad del mismo.

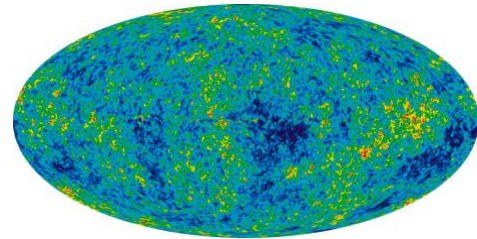


Figura 4. El fondo cósmico de microondas es nuestra frontera de observación, más allá de este punto no podemos apreciar mucho más. **Fuente:** (Riveirio, 2020).

3. Metodología de análisis documental.

En el presente artículo se expone cómo se estudia teóricamente una solución cosmológica a las ecuaciones de Einstein para un Universo en expansión.

Para ello, utilizando el análisis documental (Castillo, 2004), se reunieron diversos artículos que abordan suposiciones como la existencia de la energía oscura, que llevan a la construcción de la solución de De-Sitter, para desde allí lograr explicar esta solución y su relación con la energía oscura mediante una representación gráfica.

Se ha dedicado la mayor parte de los esfuerzos a explicar cualitativamente el papel que juegan las diferentes constantes y conceptos de la teoría respecto a lo observado y medido por el ser humano, teniendo a los documentos consultados como aquellos que nos permitieron realizar el diagrama y revisar los conceptos y las explicaciones que se hallan en el presente artículo.

Esta producción académica se encuadra como proyecto del *Semillero Estudiantil de Investigación en Física-Matemática*¹⁴, de la Universidad Pedagógica Nacional, el cual busca atraer personas interesadas en problemas de la Físico-Matemática, para, así, hacer divulgación y crear una red de estudiantes que se interesen por la Física y sus diferentes métodos de estudio.

4. Reflexiones en torno al Diagrama Penrose-Carter de la solución de De-Sitter.

La existencia de la energía oscura supone un desafío en la comprensión del funcionamiento del sistema inflacionario del Universo. De-Sitter aporta una solución a las ecuaciones de Einstein, la cual predice que incluso si el Universo no dispone de masa o energía dentro de él, este igualmente puede expandirse.

La existencia de una constante en la métrica permite una expansión sin masa o energía en el Universo, y por lo tanto esta constante puede significar que existe otro tipo de fuente diferente a cualquier otra que se conozca y además es una energía que permite la expansión acelerada del Universo.

De igual manera, esta solución predice que el Universo tuvo un radio específico que permitió a la luz poder moverse libremente tal y como lo demuestra la existencia del fondo cósmico de microondas, así que probablemente también existe una región del Universo a la que no se tiene acceso, ya que se encuentra en un lugar el cual existió una

expansión pero no había luz “libre” que permitiera observar.

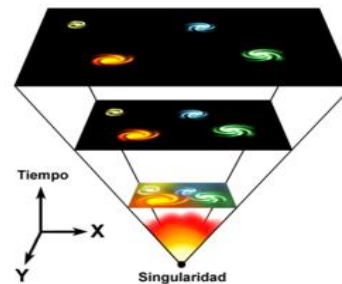


Figura 5. Todo el espacio que se extendió desde la singularidad hasta que fue posible el movimiento de la luz representa una frontera, ese espacio no es posible observar. **Fuente:** (Campos, 2020).

4.1. Sobre la importancia de ejemplos gráficos para la enseñanza de la Cosmología.

Según Contreras (2004), teniendo en cuenta que las características de este Universo hablan de un Universo que se expande pero que es cerrado, es entonces un Universo del cual no se puede conocer más allá de cierto punto en el espacio (p. 59). Es decir, su frontera funciona como la superficie de un globo que es inflado; una persona dentro del globo podrá conocer justo hasta la superficie interna del globo, pero a partir de allí termina su Universo observable.

El diagrama Penrose-Carter expresa esto haciendo posible la representación de la métrica de De-Sitter sobre una hoja de papel. Esta analogía es pensada como un puente cognitivo que facilita el aprendizaje (Díaz y Hernández, 1999, pp 40-44). En este diagrama se ubica un observador en el lado derecho de cuadrado y se asume que el triángulo en el que se encuentra encerrado es el Universo que puede observar, ya que dispone de dos fronteras las cuales restringen su acceso hacia otras regiones del Universo, esta frontera, además de definir lo que puede observar, define también la región de influencia que tiene dicho observador. Es decir, si el

¹⁴ Para más información, enviar un correo a: seinfismat@gmail.com.

observador quisiera afectar un suceso más allá de esa frontera no podría hacerlo (Figura 6).

La interpretación del diagrama se hace pensando en que tiene dos polos, ya que se piensa como un Universo cerrado, como lo es la superficie de la Tierra. Se utilizan las letras I^+ para definir el infinito futuro y I^- para definir el infinito pasado (Figura 6), es decir son la representación del “principio del tiempo” y el “final del tiempo”.

El diagrama permite definir las fronteras como el fondo cósmico de microondas, si se ubica un observador en la parte derecha del cuadrado (Polo Sur), siendo la frontera superior el horizonte futuro (Klemm y Vanzo, 2004), es decir, es hasta allí donde es posible afectar un suceso en el futuro y la frontera inferior el horizonte pasado (Klemm y Vanzo, 2004), siendo lo más al pasado que podemos observar (fondo cósmico de microondas). Permite además entender esta frontera como la imposibilidad de conocer una región de la cual no es posible obtener información debido a que la luz no tenía la libertad de movimiento suficiente para observar.

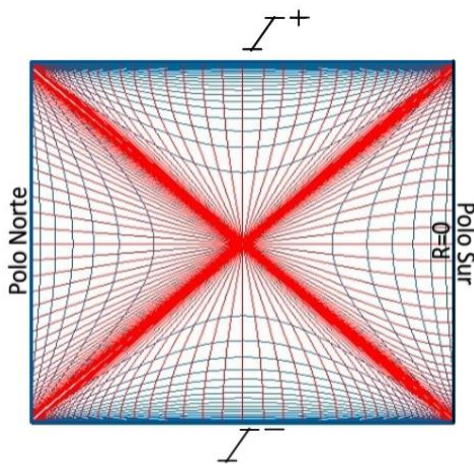


Figura 6. Se ubica un observador en el lado derecho del triángulo ($R=0$) y se definen dos fronteras que delimitan su Universo observable y su zona de influencia. **Fuente:** Los autores.

El diagrama de la solución de De-Sitter tiene la característica de ser muy llamativo por su forma y sus colores, por lo que permite cumplir con el

objetivo de generar curiosidad sobre lo que es y lo que significa.

5. Conclusiones

Desarrollar las Matemáticas fundamentales que subyacen a la teoría general de la relatividad, permite abordar de manera precisa la estructura de variedad de Riemann con la que se dota al espacio-tiempo, que, en la cosmología, es el Universo mismo.

Encontrar maneras diferentes para abordar temas como la Teoría General de la Relatividad se hace necesario, si se quiere que la Física despierte interés y permita su divulgación en personas que no tienen el tiempo o simplemente quieren comprender sin la necesidad de seguir los cursos y temáticas propias para desarrollar una teoría, para ello es posible usar los diagramas de Penrose. Estos utilizan conceptos como Universo visible, fondo cósmico de microondas y su relación con la idea de un Universo en expansión, homogéneo e isotrópico utilizando rectas y curvas. Bien dijo el Nobel de Física en 1954 Max Born, los diagramas en Física toman una importancia muy fuerte debido a lo complejas que se han vuelto las teorías (Fuchs, 1967, p. 7).

La simplificación de los conceptos por medio de líneas y curvas permite una nueva representación de conceptos más amena a la comprensión gracias al uso de la analogía geométrica, que acompañada con la llamativa forma de los diagramas cumple con la tarea de generar interés para, por medio de él, explicar lo que tiene para decir el diagrama.

6. Referencias

- Bryson, B. (2011). *Une histoire de tout, ou presque*. Paris: Éditions Payot y Rivages.
- Campo, F. (2020). Figura 5. [Imagen] *Cosmo noticias*. <http://www.cosmonoticias.org/charla-el-big-bang-en-la-universidad-de-antofagasta/>.
- Castillo, L. (12 de octubre de 2020). Tema 5.- Análisis documental. Universidad de Valencia. <https://www.uv.es/macass/T5.pdf>.
- Contreras, C. (2004). *La Teoría Del Big Bang Y La Doctrina De Nagarjuna: El vacío o sūnyatā como síntesis ontológica de todo cuanto existe* [Tesis de

- Doctorado, Universidad Autónoma de Barcelona]. <https://www.tdx.cat/bitstream/handle/10803/5162/ccr1de1.pdf;sequence=1>
- Díaz B., F. y Hernández R., G. (1999). *Estrategias docentes para un aprendizaje significativo*. McGraw Hill, México.
- Fuchs, W. (1967). *El libro de la Física Moderna*. Barcelona: EDICIONES-OMEGA, S.A
- Greene, B. (2005). *La magie du Cosmos*. Paris: Éditions Robert Laffont, S.A.
- Mohajan, H. (2017). A Brief Analysis of de Sitter Universe in Relativistic Cosmology. *Journal of Scientific Achievements*, 2(11), 1-17.
- Numasawa, T. & Yoshida, D. (2019). Global spacetime structure of compactified inflationary universe. *Classical and Quantum Gravity*, 36(19). DOI: 10.1088/1361-6382/ab38ed.
- Hartman, T. (1 de octubre de 2022). *Lecture Notes on Classical de Sitter Space*. Cornell University <http://www.hartmanhep.net/GR2017/desitter-lectures-v2.pdf>.
- Hawking, S. & Ellis, G. (1973). *The Large-Scale Structure of Space-Time*. Cambridge University Press.
- Hawking, S. (2020). *Une brève histoire du temps*. France: Éditions Flammarion.
- Klemm, D. Vanzo, L. (2004). Aspects of Quantum Gravity in de Sitter Spaces. *Journal of Cosmology and Astroparticle Physics*, (11), 1-36. DOI: 10.1088/1475-7516/2004/11/006.
- Lang, S. (2000). Introduction to Differentiable Manifolds. *Springer*, 2(1), pp. 20-21.
- Lee, J. M. (2012). Introduction to Smooth Manifolds. *Springer*.
- Tafalla, M. (2022, 1 de octubre). LA EXPANSIÓN ACELERADA DEL UNIVERSO. Anuario del Observatorio Astronómico de Madrid. <http://astronomia.ign.es/rknowsys-theme/images/webAstro/paginas/documentos/Anuario/Laexpansionaceleradadeluniverso.pdf>.
- Riveirio, A. (2020). Figura 4. [Imagen] AstroBitácora. <https://www.astrobitacora.com/radiacion-microondas-y-mancha-fria/>.
- Rodríguez, J. (2017). Introducción a los diagramas conformes de Carter-Penrose (Tesis de Maestría) Universidad Michoacán de San Nicolás de Hidalgo, Ciudad: Morelia. Recuperado de: http://bibliotecavirtual.dgb.umich.mx:8083/jspui/bitstream/DGB_UMICH/1236/1/IFM-M-2017-1177.pdf.
- Pinto, A. (2020). *Espacio-Tiempo de Anti de Sitter*. Paris Physics Master Université de Paris - Sorbonne Université.



LAS REDES NEURONALES CUÁNTICAS Y ENSEÑANZA DE ASPECTOS BÁSICOS DE LA MÉCANICA CUÁNTICA

QUANTUM NEURAL NETWORKS AND TEACHING BASIC ASPECTS OF QUANTUM MECHANICS

REDES NEURAIS QUÂNTICAS E ENSINO DE ASPECTOS BÁSICOS DA MECÂNICA QUÂNTICA

Alejandra León *, Martin Arias** Juan Giraldo***, Carlos Jácome****

León, A.; Arias, M.; Giraldo, J.; Jacome, C. (2023). Las redes neuronales cuánticas y enseñanza de aspectos básicos de la mecánica cuántica. *Góndola, Enseñanza y Aprendizaje de las Ciencias*, Número especial, v18, pp.1-13.

Resumen

La enseñanza de la física en la actualidad se liga a los desarrollos que se producen en el campo de la computación, por tanto, no se puede desconocer que desde las redes neuronales se crean nuevas tecnologías y evoluciona en términos de la Inteligencia artificial. La física adoptó estos sistemas con la finalidad de poder hacer procesamiento de datos, análisis de sistemas, procesamiento de imágenes y clasificación de señales de manera más óptima, que se aplican en áreas tales como la óptica, astronomía, mecánica cuántica, entre otros. De forma paralela se crea una relación entre las redes neuronales y la computación cuántica, por lo cual, este documento profundiza dentro de dichas estructuras e identifica los lazos que hay con el formalismo cuántico. La hoja de ruta se desarrolló a partir de la construcción y análisis de algoritmos de redes neuronales, los cuales, se fundamentan en dos componentes principales, las funciones de activación y la autorregulación de pesos estadísticos que estructuran las bases del aprendizaje automático, lo que permite la investigación multidisciplinar entre la física computacional y la mecánica cuántica para la optimización y evolución del concepto de red neuronal “clásica”, se buscó un sistema cuántico de red neuronal las bases conceptuales y matemáticas para el desarrollo a futuro del concepto de la red neuronal cuántica, de esta manera, a partir del uso de conceptos fundamentales de la mecánica cuántica, se encontró alternativas para desarrollar la enseñanza de la teoría y reflejar la aplicabilidad en el *machine learning* un campo en potencia, para el desarrollo de la inteligencia artificial.

* Estudiante de Licenciatura en física, Universidad Distrital Francisco José de Caldas, Colombia. mleon@udistrital.edu.co - ORCID <https://orcid.org/0000-0003-4326-0227>.

** Estudiante de Licenciatura en física, Universidad Distrital Francisco José de Caldas, Colombia. lmariasc@udistrital.edu.co - ORCID <https://orcid.org/0000-0002-6937-6642>

*** Magister en filosofía, Universidad Distrital Francisco José de Caldas, Colombia. jgiraldo@udistrital.edu.co - ORCID <https://orcid.org/my-orcid?orcid=0000-0001-5631-6192>

**** Magister en física, Universidad Distrital Francisco José de Caldas, Colombia. cjacome@udistrital.edu.co - ORCID

Palabras-Clave: Percepción. Proceso de aprendizaje. Memoria. Asociación patronal.

Abstract

The teaching of physics is currently linked to the developments that occur in the field of computing; therefore, it cannot be ignored that new technologies are being developed from neural networks and evolving in terms of artificial intelligence. Physics has adopted these systems in order to be able to perform data processing, system analysis, image processing and signal classification in a more optimal way, which are applied in areas such as optics, astronomy, quantum mechanics, among others. In parallel, a relationship has been created between neural networks and quantum computing, for which this document seeks to investigate and delve into these structures and identify the links with quantum formalism. The established roadmap is developed from the construction and analysis of neural network algorithms, which are based on two main components, the activation functions and the self-regulation of statistical weights that structure the bases of machine learning, which allows multidisciplinary research between computational physics and quantum mechanics for the optimization and evolution of the concept of "classical" neural network, affirming to date the inexistence of a quantum system of the neural network, but the conceptual and mathematical association bases for the future development of the concept of the quantum neural network, in this way, based on the use of fundamental concepts of quantum mechanics, it is possible to blur the abstract nature of said physical theory and reflect the applicability in machine learning, a potential field for the development of artificial intelligence.

Keywords: Perception. Learning process. Memory. Employer association.

Resumo

Resumen del artículo em portugues. O ensino de física atualmente está atrelado aos desenvolvimentos que ocorrem no campo da computação, portanto, não se pode ignorar que novas tecnologias estão sendo desenvolvidas a partir de redes neurais e evoluindo em termos de inteligência artificial. A física adotou esses sistemas para poder realizar processamento de dados, análise de sistemas, processamento de imagens e classificação de sinais de forma mais otimizada, que são aplicados em áreas como óptica, astronomia, mecânica quântica, entre outras. Em paralelo, foi criada uma relação entre redes neurais e computação quântica, para a qual este documento busca investigar e aprofundar essas estruturas e identificar as ligações com o formalismo quântico. O roteiro estabelecido é desenvolvido a partir da construção e análise de algoritmos de redes neurais, que se baseiam em dois componentes principais, as funções de ativação e a autorregulação de pesos estatísticos que estruturam as bases do aprendizado de máquina, o que permite pesquisas multidisciplinares entre física computacional e mecânica quântica para a otimização e evolução do conceito de rede neural "clássica", afirmando até hoje a inexistência de um sistema quântico da rede neural, mas as bases conceituais e matemáticas de associação para o desenvolvimento futuro do conceito de rede neural quântica, desta forma, com base no uso de conceitos fundamentais da mecânica quântica, é possível borrar a natureza abstrata da referida teoria física e refletir a aplicabilidade no

aprendizado de máquina, um campo potencial para o desenvolvimento da inteligência artificial.

Palavras-Chave: Percepção, Processo de aprendizagem, Memória, Associação patronal.

1. Introducción

El mundo de la computación avanza a un ritmo exponencial desde 1936 con la definición de máquina de Turing (1936) que plasma el punto de partida de la computación hasta la actualidad, donde se habla de una incursión del campo de la física cuántica en varios algoritmos que ha permitido una optimización en los procesos de funcionamiento y análisis de datos. Sin embargo, la idea principal que da origen a evolución sin freno de la computación es la reproducción del funcionamiento del cerebro humano a través de instrucciones que fueran codificadas en un lenguaje de máquina, dedicado en esta idea Rosenblatt (1957) crea el concepto del perceptrón modelo de funcionamiento de una neurona biológica que es el principal componente del sistema nervioso, dicho concepto mencionado en 1957 ha evolucionado a través del punto de vista de diferentes investigadores que se han interesado en este campo de la física computacional hasta llegar a algoritmos como el “*gradient descent*” y el “*backpropagation*” que empiezan a definir el límite de evolución por medio de análisis clásicos, es por lo que, se crea la necesidad de buscar una colaboración interdisciplinaria entre el formalismo cuántico y la computación de las redes neuronales o aprendizaje automático, que permita encontrar desde la definición matemática una optimización y desde la definición física un acercamiento hacia los procesos y relaciones que resultan de la comprensión del cerebro, es decir, su objetivo es mostrar las relaciones físicas que se puede generar en conceptos de percepción, asociación, aprendizaje y memorización desde el formalismo cuántico y a través de la computación, de esa manera orientar un avance de lo que será la incursión definitiva de la física cuántica y la computación de los próximos años, por el momento se habla desde el software ya

que, se es de conocimiento que el hardware aún no está definido para su uso comercial. De tal manera, el lenguaje de computación que se está en constante adaptación a esta nueva forma de ver el mundo, Python, cuenta con librerías de suma importancia como Numpy (Tipo de datos de matrices multidimensionales), Pandas (Manejo y análisis de estructuras de datos), Tensor-Flow (Aprendizaje automático), Keras (Redes neuronales clásicas) y la más importante para el desarrollo de este artículo la librería Penny-Lane (Programación diferenciable de computadoras cuánticas) (Wilkinson, 2020). De tal manera se desarrolla la descripción general del modelo clásico el perceptrón como punto de inicio, para luego observar las analogías de circuitos cuánticos con la definición de red neuronal artificial y evidenciar la optimización del procesamiento de datos. Por último, el objetivo es desarrollar de forma conceptual las asociaciones que se han encontrado desde el formalismo cuántico y la teoría clásica para generar espacios en la enseñanza de la mecánica cuántica y ver la aplicabilidad en campos modernos en consolidación como la computación e información cuántica.

2. Redes neuronales artificiales

El primer concepto de neurona nace de la mente de Rosenblatt en 1957, donde crea un circuito electromecánico capaz de reconocer similitudes entre diferentes patrones de entrada con un modelo simple llamado perceptrón Fig. 1, que consistía de tres aspectos fundamentales. Primer aspecto, unos datos los cuales eran figuras geométricas sencillas como círculo y triángulo que se ingresaban a la maquina en orden mientras se tenía una asignación encendida, es decir, mientras se tenía la luz que significaba clase triángulo, se pasaban a través de la máquina diferentes tipos de triángulos bajo transformaciones de semejanza, de esta manera se

realiza un proceso de memorización forzada y generalización que permite en un futuro reconocer cualquier patrón nuevo, se apagaba y se encendía la luz perteneciente a la clase círculo y se repetía el mismo procedimiento, a este primer aspecto se le conoce como un proceso de enseñanza y se encuentra su análogo biológico en las dendritas las cuales son el sistema sensorial que recibe la información (Kandel, 1955).

El segundo aspecto donde el sistema de entrada transmite pulsos para que la unidad se active o se inhibe de acuerdo a la intensidad de la transmisión, luego de la activación del sistema de asociación y realizando una suma algebraica de todos los pulsos recibidos para llegar al umbral de excitación el cual le permite enviar un pulso al sistema de respuesta, todo este proceso posee su análogo biológico que está descrito por lo que se comprende por intensidad sináptica y sucede en el cuerpo de la célula o el soma (Kandel, 1955).

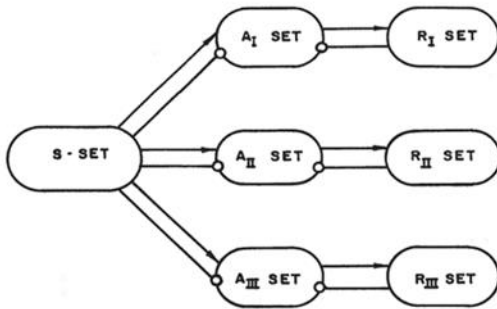


Figura 1. Organización del perceptrón con 3 salidas independientes.

Fuente: (Rosenblatt, 1957)

El tercer aspecto y último, es el sistema de respuesta si la figura es perteneciente a una clase o no, es importante resaltar que la indicación final se da por la probabilidad mayor a que la figura de entrada sea perteneciente o no a la clase triángulo o círculo, de modo que su resultado depende del proceso de aprendizaje.

El concepto principal de perceptrón dado por Rosenblatt no presenta cambio alguno durante la evolución de las redes neuronales, sin embargo, lo que sí cambia es el proceso para dar una

clasificación a un dato de entrada, ya que lo que se busca es que se tenga el mínimo error, se demore un menor tiempo en dar respuesta y la máquina llegue a procesar patrones con una complejidad más allá que unas figuras geométricas (1957).

2.1. Función de activación

En busca de mejorar el modelo se crea el diagrama que hoy se conoce como red neuronal artificial Fig. 2, donde su expresión matemática estará dada por una superposición lineal de las variables de entrada x_i junto con sus respectivos pesos sinápticos w_i , dichos pesos entran a reemplazar las matrices de asociación junto a la función de generar la intensidad al dato de entrada, por lo que el parámetro puede tomar valores positivos, negativos y cero que permite el paso de información o la inhibición de la característica de entrada (Izaurieta & Saavedra, 2000; Li et al., 2020).

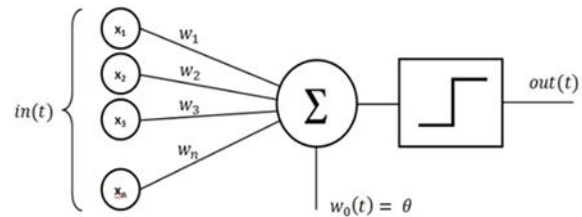


Figura 2. Diagrama de una red neuronal artificial. **Fuente:** (Escámez, 2022)

Para alcanzar la activación de la neurona se realiza una superposición lineal entre las entradas y los pesos sinápticos, que genera así un resultado, sin embargo, se puede condicionar a la neurona que se active si se alcanza un umbral requerido, para ello se maneja una variable adicional que es conocida como el *bias* b la cual se encarga de la excitación umbral de la neurona artificial Ec. 1.

$$h_i(x_n, w_{in}) = \sum_{i=1}^n w_{ij}x_j + b \quad (1)$$

Luego de la superposición lineal, la respuesta de la neurona está dada por una función de activación, hasta el día de hoy con base a las necesidades de la clasificación o predicción de datos y el modelo a usar existen varios tipos de función, sin embargo, para el

desarrollo de este artículo, se utilizará la función sigmoide Ec. 2, que es una función continua y derivable, permitiendo los métodos de aprendizaje como el *backpropagation* Fig. 3 (Hopfield, 1988).

$$y_i(h_i) = \frac{1}{1 + e^{-h_i}} \quad (2)$$

$$y_i(h_i) = \frac{1}{1 + e^{-\sum_{j=1}^n w_{ij}x_j + b}} \quad (3)$$

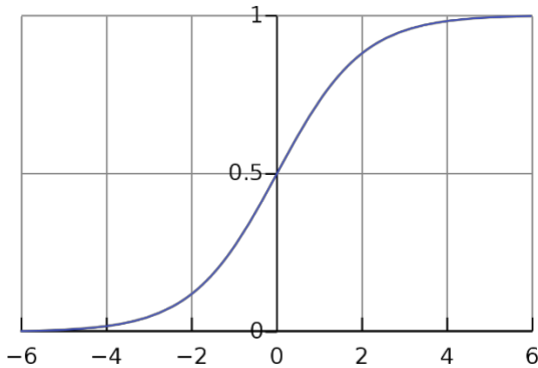


Figura 3. Gráfica de la función sigmoide con rango [0,1].

Fuente: Gnuplot

Por consiguiente, después que se obtiene una respuesta de la red, se debe validar si es correcta o no, en el caso de no ser correcta, la red tiene que entrar en el proceso de un ajuste de parámetros, es decir, los pesos sinápticos y el *bias*.

2.2. Función de pérdida-Cross Entropy

Esta función evalúa la desviación entre los resultados de la red neuronal que salen de la función activación y los valores reales de los datos de entrenamiento, primero se evalúa una función de pérdida Ec. (3). Donde el parámetro y_j estará dado por un one-vector y el parámetro correcto de cada clase tendrá el valor de 1, los demás parámetros cero (Corte, 2021).

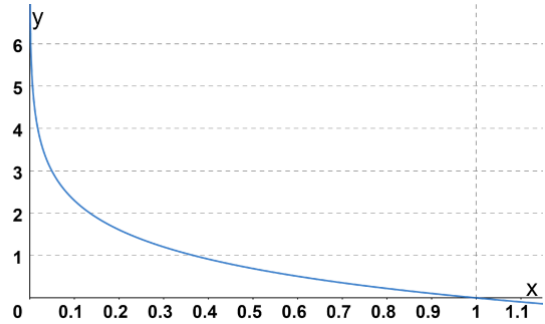


Figura 4. Gráfica función de coste.

Fuente: Autores.

función de coste, que solo es dividir por los parámetros del patrón, a esta función se le conoce como "*cross-Entropy*" Ec. 4, encargada de encontrar la precisión de las variables categóricas, de acuerdo a este resultado empieza el ajuste de los parámetros de la función (Corte, 2021).

$$C = -\frac{1}{n} \sum_x [y \ln a + (1 - y) \ln(1 - a)] \quad (4)$$

La Ec 4 a través del parámetro n indica la cantidad total de los datos y el valor esperado y a el vector salida.

2.3. Gradient descent, backpropagation y la concepción de aprendizaje.

Se llama aprendizaje a la capacidad de interiorizar cualquier tipo de conocimiento, en el caso de las redes neuronales se realiza una similitud al proceso de enseñanza, ya que, se escogen diferente tipo de entrada con su respectiva clasificación, el cual es mostrado a la red en busca de que a futuro se pueda recibir cualquier tipo de entrada y realizar su asignación correcta. Es claro, como se ha visto anteriormente que la red a priori no dará un resultado válido, por lo que busca minimizar el error asociado a ese resultado principal, de tal manera que el *Gradient Descent* se representa como una función de concavidad positiva, donde el resultado principal estará en algún punto de la función, y lo que buscará el algoritmo es llevar ese resultado al punto mínimo Fig. 5, entendiendo este proceso como el valor de aprendizaje de una red neuronal,

para luego realizar sus respectivos ajustes a los parámetros de los pesos sinápticos.

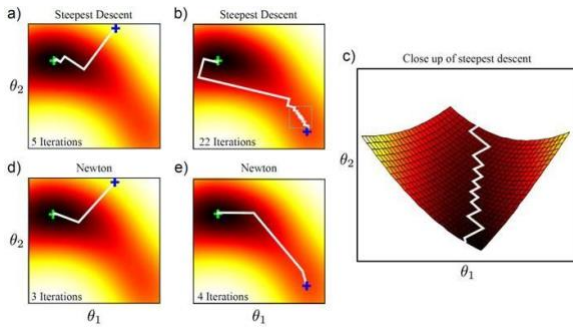


Figura 5. Graficas algoritmo *gradient descent*.

Fuente: (Caparrini, 2023)

En la búsqueda de un valor mínimo en una función se da a través del concepto de derivada parcial de la función de coste con los parámetros w_i y b , se busca el límite cuando la distancia entre dos puntos de la función tienden a un valor h , dicha distancia entre el punto del primer dato, al punto del siguiente dato busca el valor mínimo de la función estará dada por una constante la cual recibe el nombre de razón de aprendizaje α (5), su valor estará determinado por el intérprete, aunque siempre se busca un número pequeño cercano a la unidad (Li et al., 2020).

$$w_{i+1} = w_i - \alpha \nabla J(w_{in}, b) \quad (5)$$

Con el resultado del gradiente descendiente se empieza la corrección de los pesos sinápticos.

En definitiva, no hay un número definido para la repetición del ciclo, pues este cambia de acuerdo a la complejidad del conjunto de datos ingresados, lo que genera una necesidad en relación a la construcción de nuevos algoritmos, que puedan desarrollar y procesar datos de mayor complejidad. En el campo de la inteligencia artificial, se generan algoritmos que dentro de su arquitectura tienen una composición de más de una neurona, a este tipo de algoritmos se les conoce como redes multicapa y como resultado, se logra obtener clasificadores optimizados y mejoras en la predicción de datos. En ese sentido, la inteligencia artificial toma renombre

en la comunidad científica y se prevé el potencial de esta herramienta para los desarrollos tecnológicos y las aplicaciones en los estudios científicos.

2.4. Desarrollo del algoritmo

Referente a la construcción del algoritmo, se tomó un Dataset que explica el movimiento de un sujeto y el objetivo es clasificar, dos tipos de estados de movimiento. El primero determina si el sujeto se encuentra caminando y el segundo determina si el sujeto está corriendo, de esta forma, para llevar a cabo la clasificación del Dataset se plantea un modelo de perceptrón y analizar su rendimiento además de discutir sobre los efectos del aprendizaje. Ahora bien, se hace el uso las librerías Tensor-Flow y Keras, debido a la completitud de herramientas de entrenamiento y el amplio espectro de funciones de activación.

El Dataset reúne 90000 datos por cada columna, las de mayor relevancia son las siguientes, tres columnas para la aceleración y otras tres para indicar la posición en todas las direcciones cartesianas para cada variable mencionada. En efecto, para el diseño de las redes crean 6 variables de entradas, el cual se conectan a una única neurona, que cumpla con el rol de clasificador, para cumplir con dicho fin es importante la elección de la función de activación, como se mencionó anteriormente cada función cumple con un rol diferente, por tanto, para el caso de la clasificación es conveniente usar la función sigmoide, pues este cumple con todos los rubros para desarrollar una óptima clasificación.

Ahora bien, con la descripción del modelo a utilizar para analizar el conjunto de datos, se realizó la división de la misma, para separar los elementos entrenados y los elementos el test de prueba, en concreto, el 70 % del Dataset se destinó para entrenar la red, este grueso de los datos entra repetidamente por el algoritmo, y los datos restantes se usaron para colocar a prueba la red.

Por otra parte, se define la inicialización de los pesos con valores cercanos a cero para desarrollar el primer ciclo de los datos a través de la red, siguiente se define la cantidad de repeticiones por el cual la red procesa el Dataset, es decir, la cantidad de iteraciones para poder observar, el porcentaje de error que arroja la red.

Por último, se aplicó la regla de aprendizaje, basados en los parámetros del *Gradient Descent*, y allí se observa varios factores importantes, el primero el ajuste automático de los pesos a medida que realiza las respectivas iteraciones, y segundo la precisión de clasificación cercana al 100%, así bien, la concepción de aprendizaje se torna al seguimiento de instrucciones a partir del *Gradient Descent* y posteriormente a la toma de decisiones, pues la configuraciones tratadas en cuestión permite que el algoritmo no solamente realice una tarea de tratamiento de datos el cual refleja tendencias, en contraste, filtra caminos que permite la toma de decisiones en relación a un problema de clasificación.

3. Redes neuronales cuánticas

En cuanto a las redes neuronales cuánticas, es oportuno mencionar que el desarrollo en la computación cuántica, viene en ascenso y cada vez toma más fuerza para realizar investigaciones en esta área, cada vez hay más acercamientos entre las redes neuronales clásicas y la posibilidad de desarrollar algoritmos y sistemas aplicando los fundamentos de la mecánica cuántica, pues esta teoría física, ha mostrado alto grado de precisión a la hora de analizar fenómenos físicos, lo que resulta atractivo para aplicar en la redes neuronales artificiales, además se crea una oportunidad para comprender algunos fundamentos clave que se están aplicando para el desarrollo de la computación cuántica, a pesar de ser una teoría muy potente también es una de las que más conceptos abstractos contiene, así bien, al desarrollar una aplicación a un cuerpo en auge como la inteligencia artificial, da la satisfacción de desentrañar el mundo de la cuántica en aspectos de alto interés en la

ciencia moderna y de esta forma reducir el nivel de abstracción de la mencionada teoría (EzhoV & Ventura, 2000).

3.1. Conceptos fundamentales de la mecánica cuántica

La enseñanza de la mecánica cuántica se encamina a las aplicaciones que se desarrollan dentro de la computación cuántica, para comprender a detalle este campo en surgimiento es necesario abordar varios conceptos fundamentales de la teoría física además de hacer un contraste con la computación clásica.

En primer lugar, es necesario mencionar la unidad básica de la información a través de los aspectos clásicos y cuánticos, a partir de allí se desarrolla toda la construcción de cada tipo de computación, para la forma clásica se codifica a través de bit, su representación tiene carácter binario y siempre se puede observar el estado de cada unidad. En el caso cuántico la unidad básica de la información se define a través del qubit o *quantum bit*, a diferencia del primer caso se puede establecer los estados básicos binarios y a su vez estar en estados en superposición, es decir pueden estar varios estados al mismo tiempo.

De esta manera se adentra en el primer concepto clave utilizada en notación de Dirac la superposición lineal de estados, allí se expresan los estados mediante vectores columna $|z\rangle$ o también vectores ket, el otro tipo de vector es análogo a la compleja conjugada y transpuesta del ket conocida como bra $\langle z|$. En los sistemas cuánticos se describe mediante una función de onda que existe en un espacio de Hilbert, esta tiene un conjunto de estados $|\phi_i\rangle$ que forman una base y el conjunto se expresa de la siguiente forma (EzhoV & Ventura, 2000).

$$|\psi\rangle = \sum_i \alpha_i |\phi_i\rangle \quad (6)$$

Los coeficientes correspondientes a α_i en casos generales pueden ser complejos, en la mecánica cuántica el espacio de Hilbert y sus estados base, contribuye un aspecto fundamental, mientras se esté en escala cuántica, el sistema puede estar en varios estados a la vez, pero no es observable y al momento de realizar la observación el sistema siempre colapsa en uno de sus estados base. Al aplicar los conceptos anteriores, el qubit se puede manifestar en dos estados base $|0\rangle$ y $|1\rangle$ que cumplen con las características de los estados observables y forman base en el espacio de Hilbert. Dejan de ser observables cuando estos entran en una combinación lineal y correspondientemente se configuran en dos conceptos nuevos: la coherencia y la decoherencia, el cual están estrechamente relacionados con la superposición lineal (EzhoV & Ventura, 2000).

$$\alpha_0|0\rangle + \alpha_1|1\rangle \quad (7)$$

Un sistema cuántico es coherente cuando está en una superposición lineal de sus estados base Ec.(7), cuando el sistema interactúa con un entorno dicha superposición tiene una pérdida de coherencia lo cual termina en el colapso de uno de sus estados base, a esta pérdida se conoce como decoherencia y termina gobernada por el sistema cuántico (qubit).

Los coeficientes α_i se designan amplitudes de probabilidad lo cual $|\alpha_i|^2$ es la probabilidad de colapsar en uno de los estados base, la suma de los coeficientes debe ser igual a la unidad como única condición, para determinar la probabilidad del qubit en superposición y colapso en un estado propio se da por la relación $|\langle \phi_i | 0 \rangle|^2$ análogo al producto punto de dos vectores (EzhoV & Ventura, 2000).

Para la construcción de compuertas lógicas cuánticas, el análogo correspondiente en la teoría cuántica, se da a través de los operadores representados por matrices que actúan sobre los vectores y al ejecutarse crean bases en un espacio de Hilbert que permite la transformación de un estado cuántico en otro.

$$\hat{A}|\phi_i\rangle = a_i|\phi_i\rangle \quad (8)$$

El uso de un operador se puede ver reflejado en la ecuación (8), donde a_i es un valor propio y se obtienen soluciones de estados propios que permiten construir bases en el espacio de Hilbert (EzhoV & Ventura, 2000).

3.2. Sistema diferenciable cuántico análogo al modelo del perceptrón clásico

En la sección anterior se definió el perceptrón clásico, que se puede resumir en tres aspectos, datos de entrada, creación del modelo y el dato de salida del modelo de la red neuronal, en cuántica, se tienen presente los mismos tres ítems Fig 6. donde los parámetros de ingreso serán datos de carácter clásicos x_i que se transforman a través de ángulos de rotaciones Ec. 9 en estados cuánticos $|x\rangle$ listos para ser ingresados al estado de preparación de la estructura neuronal, dichas rotaciones son conocidas como las puertas de Pauli (Gomez, 2010) que representan un estado de rotación de π radianes respecto a cada uno de los ejes.

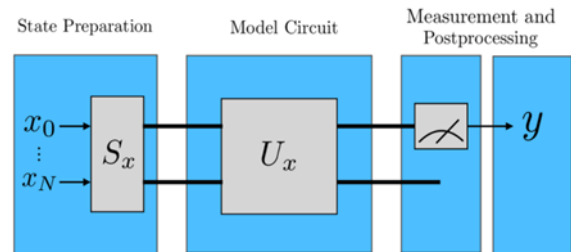


Figura 6. Modelo de red neuronal cuántico.

Fuente: (Schuld et al., 2020)

El número de qubits estará definido por el número de características del patrón de entrada, por lo que el estado conjunto de un sistema formado por N qubits se describe como un punto en el espacio de Hilbert de dimensión 2^N , de esa manera se puede definir estados de varios qubits como productos tensoriales (López, 2022).

$$\begin{aligned}
 R_x(\phi) &= \begin{bmatrix} \cos\left(\frac{\phi}{2}\right) & -i\sin\left(\frac{\phi}{2}\right) \\ -i\sin\left(\frac{\phi}{2}\right) & \cos\left(\frac{\phi}{2}\right) \end{bmatrix} & \sigma_x &= \begin{bmatrix} 0 & 1 \\ 1 & 0 \end{bmatrix} \\
 R_y(\phi) &= \begin{bmatrix} \cos\left(\frac{\phi}{2}\right) & -\sin\left(\frac{\phi}{2}\right) \\ \sin\left(\frac{\phi}{2}\right) & \cos\left(\frac{\phi}{2}\right) \end{bmatrix} & \sigma_x &= \begin{bmatrix} 0 & -i \\ i & 0 \end{bmatrix} \\
 R_z(\phi) &= \begin{bmatrix} e^{-\frac{i\phi}{2}} & 0 \\ 0 & e^{\frac{i\phi}{2}} \end{bmatrix} & \sigma_x &= \begin{bmatrix} 1 & 0 \\ 0 & -1 \end{bmatrix}
 \end{aligned} \tag{9}$$

Luego del estado de preparación se encuentra como segundo parámetro el circuito cuántico, donde el modelo a aplicar varía dependiendo las necesidades de clasificación, es aquí, donde se reemplaza el modelo de red neuronal por un circuito cuántico compuesto por puertas cuánticas.

Se debe recordar que la representación de un estado se describe por 2^N qubits, de tal manera, que, al intentar modificar su estado con una puerta cuántica, dichas compuertas deben estar representadas como matrices cuadradas $2^N \times 2^N$, es decir de esta manera, existen tantas compuertas cuánticas, como posibles combinaciones se puedan aplicar bajo dicha representación. Para este artículo, se explicará las puertas más conocidas para la creación de un circuito diferenciable, empezando con la puerta de Hadamard, ésta actúa sobre un único qubit que transforma el estado base $|0\rangle \rightarrow |+\rangle$ y el estado $|1\rangle \rightarrow |-\rangle$, su representación está dada por la siguiente matriz (EzhoV & Ventura, 2000).

$$H = \frac{1}{\sqrt{2}} \begin{bmatrix} 1 & 1 \\ 1 & -1 \end{bmatrix} \tag{10}$$

Seguido por las puertas de Pauli, que definirán una rotación ciertos grados dependiendo su eje, las cuales están definidas por las siguientes matrices.

También se encuentran las puertas controladas, en este caso una de las más reconocidas es la puerta CNOT, que se encarga de crear una relación o controlador entre los qubits para su posterior medida en uno de los cables que representa cada qubit, en otras palabras, cuando el primer qubit es cero el segundo qubit queda igual (el control entre $|00\rangle \rightarrow |00\rangle$, el control entre $|01\rangle \rightarrow |01\rangle$), sin embargo cuando el primer qubit es uno su valor cambia en base a la puerta X(NOT) (el control entre $|10\rangle \rightarrow |11\rangle$, el control entre $|11\rangle \rightarrow |10\rangle$

$$CNOT = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \end{bmatrix} \tag{12}$$

Por último, se encuentra el aspecto de la medida y del resultado. La medida en el formalismo cuántico es un problema que aún no se define, gracias a ello, hay diferentes tipos de interpretaciones, sin embargo, para este caso, un perceptrón cuántico, se utilizara el concepto de medida de Max Born, el cual postula, que la probabilidad de encontrar un objeto cuántico en un lugar determinado es proporcional al cuadrado de la función de onda para un observable en este caso σ_z (Kaye et al., 2007).

$$\langle \sigma_z \rangle = \langle \psi | U^\dagger(\theta) \sigma_z U(\theta) | \psi \rangle \tag{13}$$

3.3. Circuito cuántico

Como se explicaba en la sección anterior cualquier circuito cuántico es aplicable, siempre y cuando, cumpla con los parámetros de clasificación, hasta la fecha se han implementado algunos tipos de circuitos, siendo los más eficientes los que utilizan clasificaciones por kernel, clasificadores variacionales, modelos recurrentes, modelos de redes neuronales convulsionales entre otros, sin embargo, para llegar hablar de una red neuronal, se debe primero definir el perceptrón cuántico parte fundamental de la red, de tal modo que, el circuito utilizado para la reemplazar el modelo clásica está dado por Fig. 7, donde los características del patrón ingresadas por qubits pasan por una primera capa donde están las compuertas de rotación y las compuertas CNOT que definen en qué qubit se realizará la medición bajo el observable de σ_z .

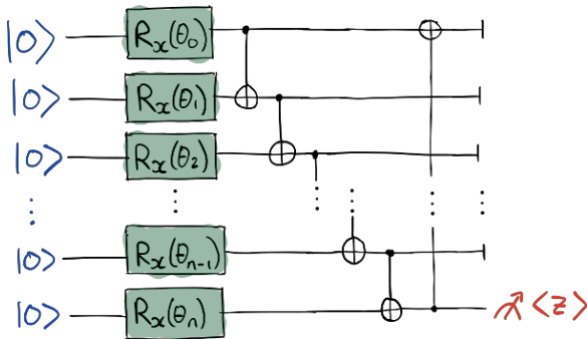


Figura 7. Circuito neuronal aplicado

Fuente: (PennyLane, 2023)

3.4. Algoritmo cuántico

Cómo el modelo que se representa es un modelo híbrido, es decir, una mezcla de computación clásica y cuántica la librería PennyLane maneja un concepto llamado nodo cuántico, donde un nodo consta de una función cuántica y un dispositivo donde se ejecuta.

Ahora bien, para la construcción de un modelo análogo a la red neuronal, se plasma el modelo de la Ec. 14. donde, R_x el operador sigma que actúe sobre

los datos los parámetros a entrar, es decir los pesos sinápticos y el *bias* (Wittek, 2014).

$$f_{NN}(x; \theta) = \sigma_z(Wx + b) \quad \theta = \{W, b\} \quad (14)$$

La función de coste, que estará dada por Ec.9, la cual empieza a determinar lo lejos que se encuentra el modelo de predecir un valor esperado.

$$C = \sum_{data\ x,y}^n |f(x; \theta) - y|^2 \quad (15)$$

El “*Gradient descent*” Ec. 15, el cual optimiza los parámetros en la dirección del gradiente buscando el punto de convergencia a un punto mínimo en cada iteración, reescribiendo de esa manera los parámetros θ para el ajuste del modelo. Se debe encontrar un análogo cuántico, ya que el “*Gradient Descent Clásico*” está definido en un espacio euclidiano, por tal razón se es de completa necesidad agregar un valor g^+ que representa un tensor métrico invariante conocido como el tensor métrico de Fubini-Study (Stokes et al., 2020), esta expresión da actualización de pesos, también tendrá una razón de aprendizaje o “*Learning rate*” que se puede expresar como un valor aleatorio.

$$\theta^{(t+1)} = \theta^{(t)} - \eta g^+(\theta_t) \nabla_{\theta} C \quad (16)$$

Ahora bien, bajo un sistema de clasificación binario de 200 datos, encontramos que con un circuito cuántico se obtiene una mejor clasificación, ya que, se guarda los parámetros trigonométricos en la medida, es decir, que se podría llegar a realizar un paralelismo con la función de onda $f(x) = \text{sen}(x)$ Fig. 8. Lo que da como resultado son regiones de ondas superpuestas, donde los pesos sinápticos entran ajustar la longitud de onda en cada iteración o época, de esa manera, se ajusten los máximos y los mínimos de las funciones y logren una clasificación binaria entre una clase A y una clase B.

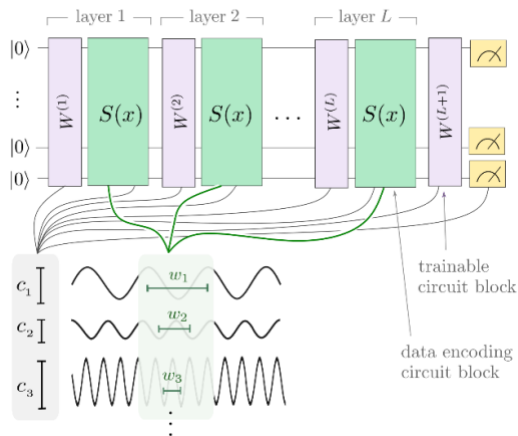


Figura 8. Clasificación de Fourier.

Fuente: (Pennylane, 2023)

Por lo que, para unos datos que presentan una distribución no calificable en un modelo lineal clásico Fig. 9. se aplica el algoritmo de circuito diferenciable presentando en líneas anteriores, donde la superposición constructiva entre dos ondas representase los datos de la clase A, y la superposición de manera destructiva representa la clasificación de clase B.

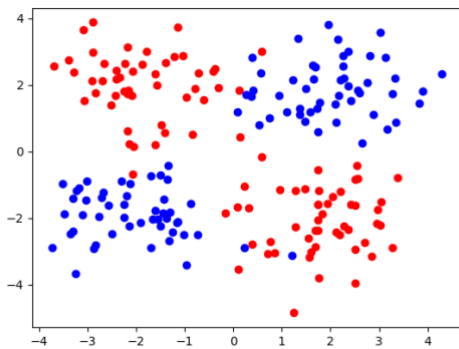


Figura 9. Datos de entrenamiento.

Fuente: Python

4. Resultados

Luego de aplicado el código se realiza un entrenamiento representando las diferentes épocas, en el caso de la época cero Fig. 10, se observa que el modelo aún no tiene ningún tipo de ajuste, por lo que su clasificación presentara una función de pérdida más elevada, luego de 100 épocas Fig. 11 se representa un ajuste mejor a los datos con una función de pérdida de 0.18, por lo cual al ser cercana a cero, se puede llegar a afirmar que el modelo da una clasificación correcta a los datos de entrada.

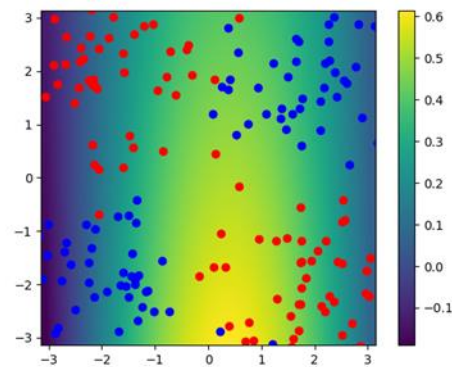


Figura 10. Datos en época 0.

Fuente: Python

Comparando de esta manera una clasificación binaria entre el perceptrón clásico y el circuito diferencial Fig. 12, se tiene que para el circuito cuántico un mejor aprendizaje por cada época y un menor valor de pérdida para la época final de entrenamiento.

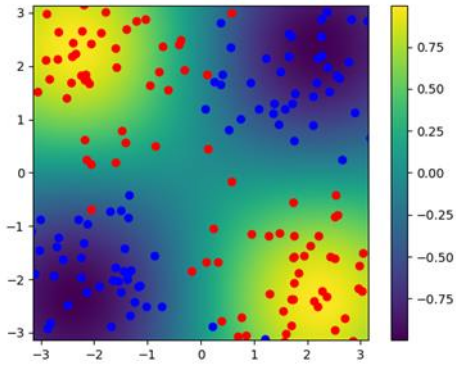


Figura 11. Datos de entrenamiento Época 100

Fuente: Python

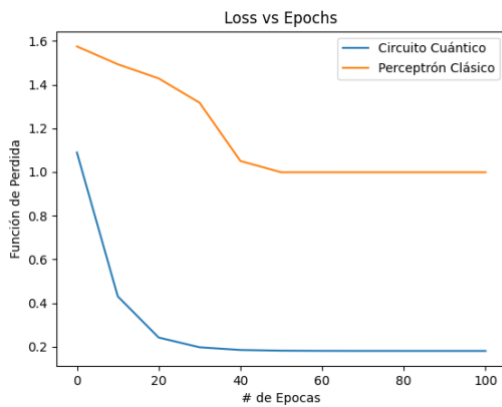


Figura 12. Perceptrón clásico vs circuito cuántico. Fuente: Python

4. Conclusiones y consideraciones finales

Luego de hacer una revisión al marco teórico sobre las redes neuronales, se pudo evidenciar varios factores que acercan al entendimiento del cerebro en términos de procesamiento de información, la estructura matemática de las redes neuronales artificiales permite comprender procesos similares, por caso la clasificación de datos y su capacidad predictiva permite obtener resultados en tiempo real y con alto índice de eficacia, por tanto, al examinar los aspectos básicos de un perceptrón se logra conectar con los aspectos teóricos

desarrollados desde la computación cuántica, la manipulación de información que parte de un sistema cuántico qubit y la superposición lineal, el cual, optimiza y amplía el espectro de manejo de datos en forma exponencial.

La definición de red neuronal cuántica es debatible por muchos sectores que trabajan en la ciencia de datos, ya que, lo que define una red neuronal, es su modelo matemático presentado en la primera sección, de modo que al cambiar la función modelo por un circuito cuántico, se plantea es un sistema diferenciable capaz de procesar algoritmos equivalentes a una red neuronal clásica como, la función de pérdida, la función de costo y el descenso por gradiente, que permite un ajuste a los parámetros que se ingresan a las compuertas cuánticas para la clasificación de datos en distintas clases, ahora bien, otro parámetro es el dato de salida, en la parte clásica, se crea una función sigmoide que permite la activación de la neurona artificial, sin embargo, en su análogo cuántico se tiene una medida de su estado siempre a través del colapso de la función de onda, con la probabilidad de la amplitud al cuadrado, que se convierte en el clasificador, por lo tanto no se podría llegar hablar de un inhibición o activación de una neurona cuántica.

La construcción de los algoritmos clásico, como cuántico, permitió comprender a detalle el funcionamiento, ejecución de los conceptos y parámetros matemáticos, las muestra de clasificación y predicción permite ver la reducción de errores y la eficacia de los modelo para aplicaciones en el campo científico, por lo cual para la enseñanza de la física teórica y la física computacional, observar los conceptos aplicados al campo de la inteligencia artificial genera una mejor comprensión de los conceptos que tienen carácter abstracto y matemático, además la implementación del formalismo cuántico ofrece una perspectiva diferente en torno a la concepción básica de la información, la capacidad almacenamiento y su procesamiento exponencial permite que la proyección a futuro, se solidifique ya que desde la

concepción teórica se acerca a al postulado de Turing de crear una máquina capaz de replicar el procesamiento de un cerebro humano.

6. Referencias

- Caparrini, F. S. (18 de Mayo de 2023). *Entrenamiento de Redes Neuronales: mejorando el Gradiente Descendente*.
<http://www.cs.us.es/~fsancho/?e=165>
- Corte, I. R. (2021). *Modelado de sistemas magnéticos*. [Tesis de grado. Universidad Nacional De La Plata].
- Escámez, M. R. (2022). *CLASIFICACIÓN AUTOMÁTICA DE FRUTAS A PARTIR DE IMÁGENES CON PHYTON. TÉCNICAS DE TRANSFERENCIA DE APRENDIZAJE A TRANSFERENCIA DE APRENDIZAJE A PARTIR DE CONJUNTOS DE DATOS PEQUEÑOS*. [Trabajo fin de grado, Universidad Miguel Hernandez de Elche].
- EzhoV, A. A., & Ventura, D. (2000). Quantum Neural Networks. *Future Directions for Intelligent Systems and Information Sciences: The Future of Speech and Image Technologies, Brain Computers, WWW, and Bioinformatics*, 213-235.
- Gomez, M. (2010). *Introducción al formalismo de la mecánica cuántica no relativista*. Universidad Nacional de Colombia.
- Google inc. (18 de mayo de 2023). *Pennylane*.
https://pennylane.ai/qml/demos/tutorial_expressivity_fourier_series.html
- Hopfield, J. (1988). Artificial Neuronal Networks. *IEEE CIRCUITS AND DEVICES MAGAZINE*, 4(5), 3-10.
- Izaurieta, F., & Saavedra, C. (2000). Redes Neuronales Artificiales. *Departamento de física, Univerisdad concepcion de chile*.
- Kandel, E. (1955). Kandel, E. (1995). Essentials of neural science and behavior. *Appleton&Lange Norwalk*, 6(23), 425-451.
- Kaye, P., Laflamme, R., & Mosca, M. (2007). *An Introduction to Quantum*. Great Britain: Oxford Express.
- Li, L., DOROSLOVAČKI, M., & LOEW, M. H. (2020). Approximating the Gradient of. *Approximating the Gradient of Cross-Entropy Loss Function*, 8, 111626-111635.
<https://doi.org/10.1109/ACCESS.2020.3001531>
- López, R. (2022). *INTRODUCCIÓN A LA COMPUTACIÓN*. [Trabajo fin de grado, UNIVERSIDAD COMPLUTENSE DE MADRID].
- Pennylane. (17 de mayo de 2023). *Pennylane*.
https://pennylane.ai/qml/demos/tutorial_expressivity_fourier_series.html
- Rosenblatt, F. (1957). The perceptron, a perceiving and recognizing automaton Project Para. *Cornell Aeronautical Laboratory*.
- Schuld, M., Bocharov, A., Svore, K. M., & Wiebe, N. (2020). Circuit-centric quantum classifiers. *PHYSICAL REVIEW A*, 101(3).
<https://doi.org/https://doi.org/10.1103/PhysRevA.101.032308>
- Stokes, J., Izaac, J., Killoran, N., & Carleo, G. (2020). Quantum Natural Gradient. *Quantum*, 4, 269.
<https://doi.org/https://doi.org/10.22331/q-2020-05-25-269>
- Turing, A. M. (1936). On computable numbers, with an application to the Entscheidungsproblem. *J. of Math*, 58(5), 345-363.
- Wilkinson, C. (2020). *Ciencia de Datos Python: Una guía definitiva para que los principiantes aprendan los fundamentos de la ciencia de datos con Python (Libro En Español/Self Publishing Spanish Book Version)*. Independently Published.
- Wittek, P. (2014). *Quantum Machine Learning What Quantum Computing Means to Data Mining*. Academic Press.

DESARROLLO DE UN KIT PORTABLE PARA LA ENSEÑANZA DE LA FÍSICA

DESENVOLVIMENTO DE UM KIT PORTAVEL PARA O ENSINO DE FÍSICA

DEVELOPMENT OF A PORTABLE KIT FOR PHYSICS TEACHING

Karen Milena Fonseca 1*, Luis Fernando Aguilar 2**

Fonseca K., Aguilar L. (2023). Desarrollo de un kit portable para la enseñanza de la Física. *Góndola, Enseñanza y Aprendizaje de las Ciencias*, Número especial, v18, pp.1-10

Resumen

Mientras que en la física se identifican tres tipos de investigación (teórica, experimental y computacional), el proceso de enseñanza-aprendizaje de la física privilegia las bases teóricas de la misma. Frecuentemente, aunque no siempre, también se desarrollan prácticas experimentales. Dichas prácticas permiten a los estudiantes desarrollar habilidades integrales para interpretar fenómenos naturales y solucionar problemas de forma lógica y crítica. Con el fin de mejorar el acceso a las prácticas experimentales, nos proponemos a diseñar un kit portable orientado a la enseñanza de la física mecánica cuyos ejes centrales de estudio son: los movimientos rectilíneos uniforme y acelerado, la caída libre y el movimiento parabólico. El kit debe ser de fácil acceso y de bajo presupuesto en contraste con laboratorios experimentales especializados, debe tener en cuenta criterios de seguridad de acuerdo con el manual de normas en el laboratorio expedido por el Ministerio de Educación Nacional, mantenimiento, reproducibilidad, confiabilidad y portabilidad, y debe ser suficientemente flexible para poder usarlo en diferentes escenarios y niveles académicos. En este artículo reportamos nuestros avances en el diseño y fabricación del kit experimental, para el cual hemos usado técnicas de impresión 3D y el software de Arduino para almacenar los tiempos empleados en los movimientos. Aunque nuestro kit puede usarse de varias maneras, está pensado como un elemento de la estrategia REMSI (realidad, modelación, simulación), la cual replica los tipos de investigación en física en la enseñanza de la misma. Este kit está pensado para uso en cursos de educación media enfocado en estudiantes entre los 15 y los 18 años de edad.

Palabras-Clave: Estrategia de aprendizaje. Entorno de programación. Tecnologías de la información

* Dr. Sc., Universidad Nacional de Colombia-Sede Bogotá, Facultad de Ciencias, Departamento de Física, Grupo de Óptica e Información Cuántica, Carrera 30 Calle 45-03, Bogotá, C.P. 111321, Colombia, kmfonsecar@unal.edu.co, <https://orcid.org/0000-0002-2073-9473>.

** Estudiante de Maestría, Universidad Nacional de Colombia-Sede Bogotá, Facultad de Ciencias, Departamento de formación en Ciencias, Carrera 30 Calle 45-03, Bogotá. luaguilarp@unal.edu.co

Abstract

While in physics three types of research are identified (theoretical, experimental and computational), the teaching-learning process of physics favors its theoretical bases. Frequently, but not always, experimental practices are also developed. These practices allow students to develop comprehensive skills to interpret natural phenomena and solve problems logically and critically. In order to improve access to experimental practices, we intend to design a portable kit aimed at teaching mechanical physics which are the central axes of study: uniform and accelerated rectilinear motion, free fall and parabolic motion. The kit must be easily accessible and low budget in contrast to specialized experimental laboratories, it must take into account safety criteria in accordance with the manual of standards in the laboratory issued by the Ministry of National Education, maintenance, reproducibility, reliability and portability, and it must be flexible enough to be used in different scenarios and academic levels. In this article we report our progress in the design and manufacture of the experimental kit, for which we have used 3D printing techniques and Arduino software for data collection. Although our kit can be used in various ways, it is intended as an element of the REMSI (reality, modeling, simulation) strategy, which replicates the types of physics research in teaching physics. This kit is intended for use in secondary education courses focused on students between 15 and 18 years of age.

Keywords: Learning strategy. Programming environment. Information technology

Resumo

Em física, são identificados três tipos de pesquisa (teórica, experimental e computacional), no entanto, o processo de ensino-aprendizagem de física favorece suas bases teóricas. Com frequência, embora nem sempre, também são desenvolvidas práticas experimentais. Essas práticas permitem que os estudantes desenvolvam habilidades abrangentes para interpretar fenômenos naturais e resolver problemas de forma lógica e crítica. Com o objetivo de melhorar o acesso a práticas experimentais, pretendemos projetar um kit portátil voltado para o ensino de física mecânica, que são os eixos centrais de estudo: movimento retilíneo uniforme e acelerado, queda livre e movimento parabólico. O kit deve ser facilmente acessível e de baixo custo, em contraste com laboratórios experimentais especializados. Ele deve levar em consideração critérios de segurança de acordo com o manual de padrões no laboratório emitido pelo Ministério da Educação Nacional, além de manutenção, reprodutibilidade, confiabilidade e portabilidade. Além disso, deve ser suficientemente flexível para ser utilizado em diferentes cenários e níveis acadêmicos. Neste artigo, relatamos nosso progresso no projeto e fabricação do kit experimental, para o qual utilizamos técnicas de impressão 3D e o software Arduino para coleta de dados. Embora nosso kit possa ser utilizado de diversas maneiras, ele é destinado a ser parte da estratégia REMSI (realidade, modelagem, simulação), que replica os tipos de pesquisa em física no ensino de física. Este kit destina-se a ser utilizado em cursos de ensino médio voltados para estudantes entre 15 e 18 anos de idade.

Palavras-chave: Estratégias de aprendizagem. Ambiente de programação. Tecnologia da informação.

1. Introducción

La enseñanza actual de la física recoge dos componentes fundamentales para el estudio de cualquier fenómeno natural: la observación y la experimentación. Anteriormente, se consideraba que la física sólo debía ser enseñada a partir de una serie de conceptos, leyes y modelos a través de lecturas (ALLIE et al., 1998); hoy día se considera que el trabajo de laboratorio es fundamental, porque permite enseñar habilidades y métodos científicos de forma explícita (GKIOKA, 2019). De hecho, los Estándares Básicos de Competencias en Ciencias Naturales Física para la media académica (MINISTERIO DE EDUCACIÓN NACIONAL, 2006), señalan que el conocimiento científico se construye a partir de la observación y modelación, las cuales llevan a los estudiantes a desarrollar habilidades centradas en la indagación científica, fomentan el pensamiento crítico y promueven el aprendizaje significativo (CRISTOBAL TEMBLADERA, GARCÍA POMA, 2013).

Por otra parte, la incorporación del trabajo de laboratorio implica el desarrollo de nuevas estrategias pedagógicas, o la adaptación de estrategias pedagógicas en uso, que incluyan este aspecto de la enseñanza. Como ejemplos de este tipo de estrategias podemos mencionar el aprendizaje basado en STEM (ciencia, tecnología, ingeniería y matemática) y REMSI (realidad, modelación, simulación). Diferentes estrategias didácticas requieren materiales didácticos apropiados (SUYATNA, 2019); en particular, aquellos relacionados con los experimentos (nuevos experimentos, experimentos modificados, cambio en las metas de aprendizaje de los experimentos).

Pero existen varias situaciones que obstaculizan o impiden el uso de la experimentación en la enseñanza de la física. Entre ellas tenemos el costo de los equipos, la ausencia de espacios para realizar los experimentos, la enseñanza remota y la falta de material didáctico específico para la aplicación de estrategias didácticas específicas.

Por esto, se han desarrollado kits de experimentos como respuesta a uno o varios de estos obstáculos. La pandemia de covid-19 y el alto precio de kits comerciales impulsaron el desarrollo de kits personalizados para la enseñanza de la física (HOWARD, MEIER, 2021), los cuales se envían a los estudiantes. Si los estudiantes elaboran sus propios kits a partir de situaciones problema, podrán desarrollar habilidades de pensamiento creativo. Algunos kits, como el desarrollado por (MCAKLEXANDER, 2003) con el nombre “Physics to Go”, surgen como una posible solución al problema de cómo llevar a cabo la experiencia de laboratorio a estudiantes que toman cursos de física a través de alguna forma de aprendizaje a distancia. (TURNER, PARISI, 2008) reportan la realización de un kit de bajo costo para la enseñanza del péndulo simple, refracción y reflexión, circuitos eléctricos, la constante de un resorte, fluidos y la velocidad del sonido.

Las propuestas anteriormente mencionadas apuestan por el uso tanto de elementos de bajo costo como de elementos disponibles gracias a los avances tecnológicos, tales como los teléfonos inteligentes. Para el estudio de la cinemática de los cuerpos, la cual es el área en la que se enfoca este trabajo, muchos laboratorios cuentan con pistas de aire para disminuir la fricción y programas especializados como Tracker, para determinar la posición como función tiempo, y estimar velocidad y aceleración. Las versiones recientes también incluyen la modelación de algunas situaciones físicas. (CHEN et al., 2022) proponen usar fotointerruptores infrarrojos conectados con una placa de Arduino para obtener la aceleración de bolas de acero bajando por perfiles de aluminio empleados como planos inclinados. Los tiempos en los cuales las bolas pasan al frente de los interruptores se envían por Bluetooth a un teléfono móvil en donde una aplicación calcula la aceleración de las mismas. Como alternativa al análisis de video, (HOWARD, MEIRER, 2021) proponen el uso de

cronómetros acústicos, empleando la aplicación Phyphox, desarrollada en una universidad alemana.

En este trabajo, reportamos nuestros avances en el diseño y construcción de un kit portable de bajo costo para la enseñanza de los movimientos rectilíneo uniforme y rectilíneo uniformemente acelerado, caída libre y el movimiento parabólico. Este artículo está organizado como sigue.

2. Marco de Referencia

2.1. *Importancia del uso de laboratorios para la experimentación en física*

Para realizar una investigación científica se necesitan herramientas que permitan analizar un fenómeno tanto de forma cualitativa como cuantitativa; así mismo, poder determinar las variables que pueden intervenir en la búsqueda de una explicación sólida de un suceso particular. En ciencias naturales frecuentemente se suele hablar de la existencia del método científico, una herramienta que le permite al estudiante, entre otras cosas, observar, medir, realizar hipótesis y encontrar relaciones entre las variables (STERN et al., 2017). En el caso particular de la enseñanza de la física, el uso de laboratorios le da la posibilidad al estudiante de desarrollar habilidades de pensamiento crítico y cognitivo; de esta manera se fomenta un enfoque constructivista en el estudiante basado en los principios que se enuncian a continuación (HOLUBOVA, 2019).

1. El arte de la experimentación: todos los estudiantes deben tener experiencias experimentales significativas, incluyendo el diseño de la investigación.
2. Desarrollo de habilidades experimentales y analíticas: amplia gama de habilidades y herramientas experimentales; análisis de datos.
3. Comprensión de la generación de conocimiento en física: el papel de la observación directa, la inferencia teórica y los resultados experimentales.

4. Desarrollo de habilidades de aprendizaje colaborativo.

La aplicación de una estrategia que permita mejorar las habilidades de exploración en conjunto con el uso de los laboratorios, permite crear ambientes de aprendizaje en los cuales el estudiante puede aprender a partir de la experiencia.

2.2. *Estrategias pedagógicas para la enseñanza de la física en el laboratorio.*

Para lograr el objetivo de una enseñanza que construya el pensamiento integral de los estudiantes en el campo de la física mecánica, se deben adicionar métodos que faciliten su aprendizaje de forma que relacionen el marco conceptual con el componente experimental de una manera más cómoda y comprensible. Es por esto que se han ideado estrategias que permiten unificar dichos componentes, siguiendo una serie de pasos ordenados que llevarán al alcance del objetivo propuesto.

2.2.1. *Formación por fases de las acciones mentales y su relación con el laboratorio docente*

La actividad de enseñanza de la física experimental se puede organizar atendiendo la teoría de la formación por etapas de las acciones mentales (RODRÍGUEZ et al., 2014).

1. Fase motivacional: las tareas asignadas deben motivar al estudiante a acometer nuevas actividades, que le permitan apropiarse de conceptos y contenidos.
2. Fase de elaboración de la base orientadora: herramienta que permita que los estudiantes comprendan los métodos que les posibilite llevar a cabo la práctica experimental, usualmente en forma de instructivos o guías de laboratorio.
3. Fase material: la práctica experimental en sí o simulaciones del experimento real.
4. Fase del lenguaje externo: los estudiantes deben estar en condiciones de explicar a sus pares, de forma verbal o escrita, los conocimientos adquiridos tanto de manera oral como de forma escrita. Esto se puede evidenciar durante el

desarrollo del experimento mediante el trabajo grupal.

5. Fase del lenguaje interno: Incorporación del conocimiento en la estructura cognitiva propia.

6. Fase mental: apropiación completa y consciente de los contenidos por parte del estudiante.

Es importante recalcar que las fases expuestas anteriormente no fluyen de la misma forma para todos los estudiantes en el proceso de enseñanza aprendizaje, ya que los conocimientos previos que tiene cada uno pueden o no estar al mismo nivel de asimilación (RODRÍGUEZ et al., 2014).

2.2.2. Estrategia REMSI

REMSI (Realidad, Modelación y Simulación) es una estrategia didáctica de aprendizaje activo en la que el estudiante desarrolla habilidades cognitivas mediante la solución de situaciones problema, análisis de datos, deducción y construcción de modelos matemáticos, y desarrollo de simulaciones. REMSI reúne los componentes que permiten un aprendizaje en el cual se desarrolla un pensamiento crítico. La solución de estas situaciones problema abre la posibilidad de que el estudiante tenga en consideración tanto las variables como los parámetros que puedan influir en el estudio de algún fenómeno en particular (BRAVO et al., 2016).

2.3. Importancia del modelamiento computacional

La física tiene el rol principal de explicar los fenómenos que ocurren en la naturaleza y adicionalmente pueden ser estudiados a partir de la observación y la determinación de las variables que se encuentran implicadas en dichos fenómenos. En el proceso de la enseñanza de la física el docente debe brindar al estudiante las herramientas necesarias para lograr el entendimiento de la misma de forma que este pueda mejorar el aprendizaje a partir de la experiencia mediante la realización de las prácticas experimentales. Dentro de estas herramientas se encuentran las matemáticas que permiten describir cualquier fenómeno físico a través de modelos matemáticos que permiten relacionar diferentes cantidades físicas, de esta

manera se logra comprender el comportamiento de sistemas físicos a partir de una relación causa-efecto.

Debido a que no todos los sistemas físicos pueden ser estudiados a partir de métodos analíticos, se han vinculado dentro del entorno de la enseñanza y aprendizaje de la física el uso de computadoras. En investigaciones realizadas por (ANDALORO et al., 1991) se menciona que las computadoras tienen un papel importante ya que desde hace algunos años han sido utilizadas para analizar y mostrar de forma adecuada los resultados de procedimientos experimentales y, además, permite la comparación de predicciones basadas en teorías ya establecidas.

Por otra parte, (WEBER, WILHELM, 2020) indican que hacer uso de las computadoras para realizar modelamiento abre la posibilidad para que los estudiantes desarrollen habilidades que les permita llevar a cabo estimaciones y aproximaciones y de esta manera optimizar el razonamiento científico.

3. Metodología de investigación

La enseñanza de los conceptos de la física mecánica puede ser asimilada de forma satisfactoria si se emplean métodos o estrategias que permitan al estudiante asociarlos con situaciones de la vida cotidiana, de esta manera se puede desarrollar un aprendizaje en el que se involucre de forma activa a cada estudiante. Por esto, se propone el diseño de un kit portable de bajo costo que permite la realización de diferentes situaciones problemas de la cinemática.

En nuestro medio hemos identificado varias causas por las cuales no se hace trabajo experimental en los cursos de física. En muchas instituciones, especialmente públicas y rurales, no se cuenta con un espacio físico destinado al laboratorio, ni con los equipos apropiados. Otra razón, que ha venido cobrando mayor importancia en los últimos años, es la preocupación por la seguridad de las y los estudiantes. Los kits portables son una de las posibles soluciones a estos problemas.

Estos kits pueden utilizarse en las aulas o en casa. Cuando los estudiantes realizan experimentos en casa, pueden trabajar a su propio ritmo porque no tienen las limitaciones de tiempo y la presión de los compañeros que se presentan cuando los experimentos se realizan en clase (RUBY, 2006). Por otra parte, (SMITH, 2006) sugiere que los estudiantes aprenden más trabajando como parte de un grupo. Sin embargo, (SMITH, 2006) también señala que los objetivos alcanzados fueron similares al de los estudiantes que trabajaron de forma individual. Este resultado indica que los estudiantes que trabajan solos en prácticas experimentales pueden aprender con la misma eficacia que los estudiantes que trabajan en grupo.

En consecuencia, el kit portable que estamos desarrollando está pensado para ser usado en el aula de clase, pero con algunos ajustes también podría usarse en casa. En el diseño del kit se tuvo en cuenta que, además de ser portátil y de tamaño reducido, también fuese modular, de bajo costo, versátil, reproducible, seguro y destinado a la enseñanza de la física mecánica. Finalmente, aunque puede usarse dentro de un curso genérico que incluya trabajo de laboratorio, el kit está pensado como un material didáctico de la estrategia REMSI.

Las prácticas tenidas en cuenta en el kit estarán limitadas a nociones cinemáticas tales como espacio y tiempo para la solución de problemas que contemplen el movimiento rectilíneo uniforme, movimiento rectilíneo uniforme acelerado, caída libre y movimiento parabólico. Estos temas se escogieron porque se tratan usualmente en los cursos de física de enseñanza media.

Para la elaboración de este kit, ni los perfiles de aluminio ni los tubos PVC resultaron adecuados para sustituir las pistas que usualmente se emplean para la enseñanza de la cinemática. Los perfiles de aluminio del mercado local presentan imperfecciones y se deforman fácilmente. Los tubos de PVC no son suficientemente rígidos, pero además son difíciles de cortar.

Debido a estas dificultades, escogimos usar la impresión 3D. Haciendo uso de la plataforma en línea Tinkercad para el modelamiento en 3D, se diseñan los componentes del kit de experimentos. Las piezas han sido modeladas milimétricamente para ser ensambladas. Para este desarrollo se deben considerar medidas tanto longitudinales como angulares. Las primeras se consideran para la elaboración de las pistas sobre las cuales se estudian los movimientos anteriormente descritos y las segundas para que faciliten la construcción de planos con distintos ángulos de inclinación.

Este diseño no es definitivo porque se sabe que los materiales y el diseño empleados en los experimentos pueden ocasionar errores sistemáticos. Por ejemplo, (HOWARD, MEIER, 2021), muestran que un montaje particular para medir el valor de la aceleración de la gravedad arroja un valor experimental alejado del valor real. En caso de que encontremos errores sistemáticos semejantes, sería necesario mejorar el diseño.

Además de los elementos estructurales que se imprimen en 3D, son necesarios algunos sensores de posición, velocidad o aceleración y un cronómetro. También pueden llegar a ser necesarias una o varias interfaces o pantallas. Aprovechando que muchas personas poseen uno, algunas propuestas usan conexión con un teléfono inteligente y una aplicación para el teléfono, desarrollada, por ejemplo, usando MIT Inventor. Como en otras propuestas, nuestro kit usa sensores de movimiento acoplados a placas Arduino. Si bien es posible enviar información directamente a un computador, se decidió disponer de una pantalla visualizadora, para obviar la necesidad de contar con un computador o con un teléfono inteligente.

Es por esto que se ha desarrollado un circuito bajo el lenguaje de programación utilizado por Arduino para la programación de sensores de movimiento que permitan determinar variables de tiempo para cada uno de los experimentos que se van a realizar. De esta manera se les brinda a los estudiantes la herramienta que les permita obtener los datos necesarios que serán utilizados para hallar la

magnitud de cantidades vectoriales como la velocidad y la aceleración.

Asimismo, se están explorando algunas actividades didácticas empleando la estrategia REMSI (Realidad, Modelación y Simulación), la cual enfrenta al estudiante ante un evento desde su contexto o realidad para que esté en la capacidad de construir un modelo matemático y finalmente simularlo con el uso de herramientas tecnológicas (BRAVO et al., 2016). Esta estrategia permite integrar los contenidos teóricos y experimentales de la física con el campo de la computación y la programación; en el contexto de este trabajo, se trata de simular algunos sistemas fundamentados en la cinemática del movimiento en una y dos dimensiones.

Los experimentos del kit tienen los mismos requisitos exigidos por (TURNER, PARISI, 2008): preparación del tema, alguna forma de medición, cálculos, construcción y análisis de datos, y un informe que permita evaluar el proceso.

Finalmente, las piezas diseñadas son versátiles ya que pueden usarse en el desarrollo de varios experimentos. Su realización permite obtener una herramienta experimental de fácil reproducibilidad, bajo costo y viabilidad para la enseñanza de conceptos de la física tal como se reporta en el trabajo realizado por (VERA et al., 2021). Así mismo, cumple la función de complementar el uso de laboratorios especializados de tal manera que los estudiantes puedan cambiar la configuración del sistema físico en estudio; de esta manera se posibilita la realización de diversos experimentos de forma rápida y completa (HOWARD, MEIER, 2021).

El desarrollo de este kit portable abre la posibilidad para que estudiantes de las instituciones educativas puedan, además de acceder a este recurso, optimizar su proceso de aprendizaje de la física a partir de la experimentación.

4. Resultados.

En esta sección se presentan los resultados obtenidos a partir del diseño, impresión y ensamble del kit experimental. Además, se muestra el circuito

integrado que fue utilizado para el funcionamiento de los sensores de movimiento.

4.1. Diseño

Por medio de la plataforma Tinkercad se logran modelar milimétricamente cada una de las piezas que le darán la estructura a la pista sobre la cual se llevarán a cabo los experimentos. Cada una de las piezas modeladas tiene la característica de ser fácilmente ensamblable, esto permitirá que el kit cumpla los criterios de portabilidad, fácil reproducibilidad, confiabilidad, flexibilidad y mantenimiento. Adicional a esto, se integran las piezas electrónicas que permitirán llevar a cabo la recolección de los datos obtenidos en cada uno de los experimentos realizados. Los componentes y su respectivo valor comercial se presentan en la Tabla 1.

Tabla 1. Componentes impresos y electrónicos

Piezas en Diseño 3D	Cantidad	Precio
Pistas de 20 cm	2	16.800
Pista de unión central de 13.5 cm	1	5.400
Soportes	4	14.400
Base para los sensores de movimiento	2	9.600
Caja para el circuito integrado	1	10.200
Componentes electrónicos	Cantidad	Precio
Sensores ópticos CNY70	2	6.000
Pantalla LCD	1	13.000
Placa Arduino Nano	1	35.000

Piezas diseñadas que conforman el kit experimental.

Fuente: Grupo Proyecto REMSI, Universidad de Cundinamarca, Universidad Nacional de Colombia.



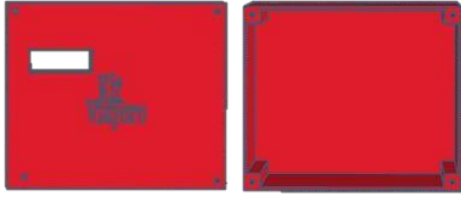


Figura 1. Diseño de las partes del kit experimental. **Fuente:** Grupo Proyecto REMSI, Universidad de Cundinamarca, Universidad Nacional de Colombia.

4.1. Impresión 3D

Posterior al diseño de las piezas en la plataforma y de su visualización en la misma (ver Figura 1), estas pasan por un proceso de impresión 3D en el que se utiliza un filamento termoplástico de tal forma que el extrusor de la impresora realiza la deposición de dicho filamento capa por capa en las tres dimensiones espaciales. De esta manera se obtiene como resultado los componentes que se muestran en la Figura 2. Es importante recalcar que para que este proceso se complete de forma exitosa, se debe esperar un tiempo considerable ya que el filamento que es utilizado en este procedimiento se debe solidificar puesto que ha pasado por un proceso de fundición.



Figura 2. Piezas impresas en 3D con características de ensamblaje. **Fuente:** Grupo Proyecto REMSI, Universidad de Cundinamarca, Universidad Nacional de Colombia.

4.2. Circuito integrado y funcionamiento

El circuito cuenta con dos sensores ópticos CNY70 (ver Figura 3) que tienen la función de detectar por medio de la emisión de luz infrarroja el tiempo que tarda una esfera en pasar sobre la pista y una pantalla LCD en la cual se proyecta dicho tiempo. El proceso que se sigue para la obtención del tiempo es el siguiente: la luz infrarroja que arroja el emisor del sensor golpea la esfera que actúa como el cuerpo en movimiento, posteriormente, este haz de luz rebota sobre este y es detectado por el

fototransistor que a su vez envía la señal al circuito integrado. De esta manera se logran obtener los tiempos que serán empleados para calcular la velocidad y la aceleración de las distintas configuraciones con las que cuenta el kit experimental.

Este circuito se ha introducido en una caja que ha sido diseñada para su fácil manipulación (Figura 4) y así generarle protección, además, permite acoplarlo a la pista experimental.

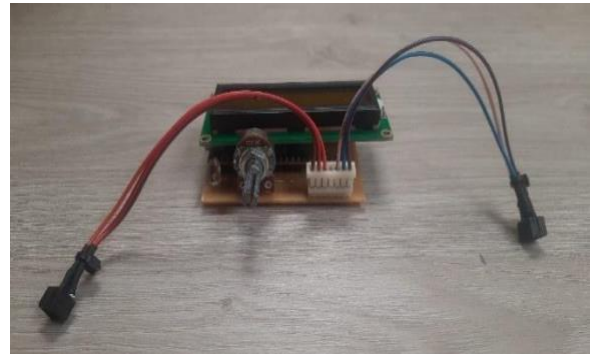


Figura 3. Estructura interna del circuito integrado. **Fuente:** Grupo Proyecto REMSI, Universidad de Cundinamarca, Universidad Nacional de Colombia.

Los sensores de movimiento (1 y 2) se encuentran situados en puntos específicos de la pista como se aprecia en la Figura 4. La esfera de masa M pasa por el sensor de movimiento 1 iniciando el temporizador de tal manera que se empieza a contar el tiempo que tarda la esfera en pasar desde un punto inicial hasta un punto final que se encuentra identificado en el sitio en donde se ubica el sensor de movimiento 2.



Figura 4. Circuito dentro de caja rectangular para acoplar a la pista. **Fuente:** Grupo Proyecto REMSI, Universidad de Cundinamarca, Universidad Nacional de Colombia.

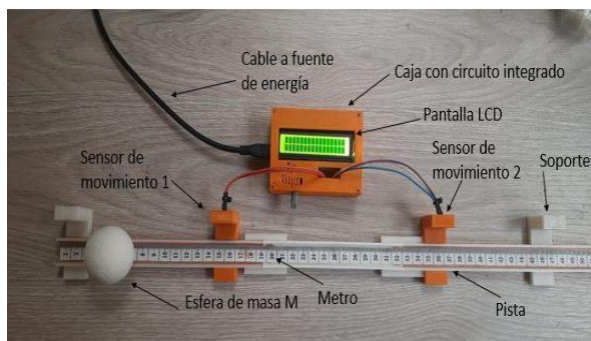


Figura 4. Diseño completo de pista y sensores de movimiento. **Fuente:** Grupo Proyecto REMSI, Universidad de Cundinamarca, Universidad Nacional de Colombia.

Finalmente, los datos son observados en la pantalla LCD indicando el tiempo inicial como t_i y el tiempo final como t_f . Adicional a esto, el circuito se encuentra conectado a un computador portátil que también permite visualizar el tiempo que tarda la esfera en recorrer la pista.

5. Conclusiones

En este trabajo se ha desarrollado un kit experimental portable, de fácil reproducibilidad y de bajo costo en comparación con laboratorios especializados en la enseñanza de la física mecánica que permite la elaboración de prácticas experimentales para la enseñanza de la física, en particular, de conceptos como el movimiento rectilíneo uniforme, movimiento rectilíneo uniforme acelerado movimiento parabólico y caída libre. Este kit cuenta además con el uso de tecnología basada en Arduino que permite la elaboración de sensores de movimiento de manera que se pueda registrar el tiempo que le toma a un cuerpo de masa M viajar de un punto a otro. De esta manera se logra que los estudiantes recolecten los datos necesarios que permitan modelar un sistema en movimiento, fomentando así el desarrollo de habilidades de pensamiento crítico y solución de problemas. El diseño de fácil ensamble y su adecuado tamaño permite que los docentes de física accedan a una

herramienta fácil de preparar y manipular, de esta manera se facilita desarrollar variados experimentos relacionados con la cinemática de los cuerpos.

6. Referencias

- Allie, S., Buffler, A., Campbell, B., & Lubben, F. (1998). First-year physics students' perceptions of the quality of experimental measurements. *International Journal of Science Education*, 20(4), 447-459.
- Andaloro, G., Donzelli, V. & Sperandeo-Mineo, R. M. (1991, julio). Modelling in physics teaching: the role of computer simulation. *International Journal of Science Education*, 13(3), 243-254. <https://doi.org/10.1080/0950069910130303>
- Bravo-Bohórquez, A., Castañeda-Rodríguez, L. J., Hernández-Yomayusa, H. I., & Hernández-Hernández, L. A. (2016). Enseñanza de las matemáticas en ingeniería: Modelación matemática y matemática contextual. *Revista Educación en Ingeniería*, 11(21), 27-31.
- Chen, H. Y., Nieh, H. M. & Ko, S. W. (2022b, mayo). Acceleration Measurement Using Arduino and a Smartphone for the Motion of Objects on an Inclined Plane. *The Physics Teacher*, 60(5), 351-354. <https://doi.org/10.1119/5.0038831>
- Cristobal Tembladera, C. M. & García Poma, H. A. (2013, 16 diciembre). La indagación científica para la enseñanza de las ciencias. *Horizonte de la Ciencia*, 3(5), 99. <https://doi.org/10.26490/uncp.horizonteciencia.2013.5.81> desarrollo de RECURSOS VISUALES para mediar información. (s. f.).
- Gkioka, O. (2019, 1 agosto). Learning how to teach experiments in the school physics laboratory. *Journal of Physics: Conference Series*, 1286(1), 012016. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1286/1/012016>.
- Holubova, R. (2019, September). The impact of experiments in physics lessons—"Why, when, how often?". In *AIP Conference Proceedings* (Vol. 2152, No. 1, p. 030007). AIP Publishing LLC.
- Howard, D. & Meier, M. (2021, septiembre). Meeting Laboratory Course Learning Goals Remotely via Custom Home Experiment Kits. *The Physics Teacher*, 59(6), 404-409. <https://doi.org/10.1119/5.0021600>
- McAlexander, A. (2003). Physics to go. *The Physics Teacher*, 41(4), 214-218.

- Ministerio de Educación Nacional. (2006). Estándares Básicos de Competencias en Lenguaje, Matemáticas, Ciencias y Ciudadanas. Bogotá: Imprenta Nacional de Colombia.
- Rodriguez, Aurea Deysi & González, Juan Jose. (2014). Estrategias de enseñanza en el laboratorio docente de Física para estudiantes de ingeniería. *Latin American Politics & Society*.
- Ruby, G G (2006) An instructional design for online college physics laboratories, Capella University, http://www.gailruby.com/GAIL_RUBY_Dissertation_Final.pdf Accessed 23 May, 2007.
- Smith, J. (2006). Effects of group size on student performance in the physics laboratory. *Teaching Science*, 52(4), 34-37.
- Stern, C., Echeverría, C. & Porta, D. (2017). Teaching Physics through Experimental Projects. *Procedia IUTAM*, 20, 189-194. <https://doi.org/10.1016/j.piutam.2017.03.026>
- Suyatna, A. (2019, February). Future physics learning materials based on STEM education: Analysis of teachers and students perceptions. In *Journal of Physics: Conference Series* (Vol. 1155, No. 1, p. 012021). IOP Publishing.
- Turner, J., & Parisi, A. (2008). A take-home physics experiment kit for on-campus and off-campus students. *Teaching Science*, 54(2), 20-23.
- Vera, F., Ortiz, M., Villanueva, J. & Horta-Rangel, F. A. (2021, diciembre). 3D-Printed Labs: A Force Table and Simple Pulleys. *The Physics Teacher*, 59(9), 700-702. <https://doi.org/10.1119/10.0007396>
- Weber, J. & Wilhelm, T. (2020, 20 abril). The benefit of computational modelling in physics teaching: a historical overview. *European Journal of Physics*, 41(3), 034003. <https://doi.org/10.1088/1361-6404/ab7a7f>

SIMULACIÓN DEL PÉNDULO DOBLE COMO HERRAMIENTA PARA LA ENSEÑANZA DEL CAOS

DOUBLE PENDULUM SIMULATION AS A TOOL FOR TEACING CHAOS

SIMULAÇÃO DO PÊNDULO DUPLO COMO FERRAMENTA PARA O ENSINO DO CAOS

Daniel Mauricio Martin Rojas* 

Martin, D. (2023). Simulación del péndulo doble como herramienta para la enseñanza del caos. *Góndola, Enseñanza y Aprendizaje de las Ciencias*, Número especial, v18, pp.1-11

Resumen

En la enseñanza de la física se suelen tener problemas a la hora de explicar un tema, es común que se cometan errores en la explicación o que se den ejemplos que no son adecuados para abordar el tema, de modo que se le complique al estudiante la adquisición adecuada de estos conceptos y se presenten entonces ciertos obstáculos. Para el caso de la teoría del caos, se suele pensar en el ejemplo del efecto mariposa, aunque este ejemplo ilustra bien lo que se entiende por un sistema caótico, puede presentar ciertos malentendidos. A parte de lo anterior, este ejemplo habla sobre el clima, que es un sistema muy complejo y en el cual la variación del estado en el tiempo puede estar dado por muchas variables. Este trabajo tiene como objetivo modelar el comportamiento de un péndulo doble y propone hacer uso de un modelo como este a la hora de dar un ejemplo de un sistema caótico, con el fin de facilitar la adquisición del concepto y evitar malentendidos. Para ello, haciendo uso del lenguaje de programación C++, se simula el comportamiento del péndulo doble con la ayuda de métodos numéricos, se toman como constantes ciertas variables y se procede a realizar pequeñas variaciones en las condiciones iniciales del sistema, de modo que sea posible ilustrar el comportamiento de este. En las gráficas obtenidas se puede observar el comportamiento impredecible y caótico del sistema, además de evidenciar cómo el comportamiento del sistema cambia a medida que aumenta el tiempo para una pequeña variación en las condiciones iniciales. Se hace evidente que es posible explicar, de una manera mejor y más visual, con un sistema simple las características principales de un sistema caótico, sin caer en malentendidos que otros ejemplos, más complejos, puedan causar.

Palabras-Clave: Programación. Aprendizaje. Oscilaciones.

Abstract

In the teaching of physics there are usually problems when it comes to explaining a topic, is common to make mistakes in the explanation or to give examples that are no

* Estudiante de Licenciatura en Física. Universidad Distrital Francisco José de Caldas. Grupo de física informática FISINFOR. Colombia.
dmmartinr@udistrital.edu.co. ORCID <https://orcid.org/0000-0002-8860-5711>

adequate to address the topic, so that it gets harder for the student the appropriate acquisition of these concepts and therefore some obstacles could appear. For the chaos theory, it is usual to think in the example of the butterfly effect, even though this example illustrates in a good way what is meant by a chaotic system, it can present some misunderstandings. In addition to the above, this example talks about the weather, that is a complicated system in which the variation in time of the state could be given for many variables.

This work main objective is to model the behavior of the double pendulum and suggest using a model like this when giving an example of a chaotic system, with the purpose of facilitate the acquisition of the concept and avoid misunderstandings. For this, using the programming language C++, it is simulated the behavior of the double pendulum using numerical methods, it is taken as constant some variables and small variations in the initial conditions are made, in order that its behavior can be observed.

In the obtaining graphs it is possible to see the unpredictable and chaotic behavior of the system, also seeing how the system's behavior changes with the passing of time for an small variation in the initials conditions. It becomes clear that it is possible to explain, in a better and more visual way, with a simple system the principal characteristics of a chaotic system, without entering in misunderstandings that other, more complex, examples can cause.

Keywords: Programming. Learning. Oscillations.

Resumo

No ensino de física geralmente há problemas na hora de explicar um tópico, é comum que erros sejam cometidos na explicação ou que são dados exemplos que não são adequados para abordar o tema, de modo que a aquisição adequada desses conceitos é complicada para o aluno e então alguns obstáculos são apresentados. No caso da teoria do caos, costuma-se pensar no exemplo do efeito borboleta, embora este exemplo ilustre bem o que se entende por um sistema caótico, ele pode apresentar alguns mal-entendidos. Além do acima, este exemplo fala sobre o clima, que é um sistema muito complexo e no qual a variação do estado ao longo do tempo pode ser dada por muitas variáveis.

Este trabalho visa modelar o comportamento de um pêndulo duplo e se propõe a utilizar um modelo como este ao dar um exemplo de sistema caótico, a fim de facilitar a aquisição do conceito e evitar mal-entendidos. Para isso, usando a linguagem de programação C++, o comportamento do pêndulo duplo é simulado com a ajuda de métodos numéricos, Certas variáveis são tomadas como constantes e pequenas variações são feitas nas condições iniciais do sistema, para que seja possível observar seu comportamento.

Nos gráficos obtidos, pode-se observar o comportamento imprevisível e caótico do sistema, além de observar como o comportamento do sistema muda conforme o tempo aumenta para uma pequena variação nas condições iniciais. Fica evidente que é possível explicar, de forma melhor e mais visual, com um sistema simples, as principais

características de um sistema caótico, sem cair em mal-entendidos que outros exemplos mais complexos possam causar.

Palavras-Chave: Programação. Aprendendo. Oscilações.

1. Introducción

La teoría del caos es un fenómeno el cual se estudia y tiene aplicaciones en diferentes ramas de las ciencias, esta teoría ayuda a describir los sistemas cuyo comportamiento es caótico y por lo cual, al cabo de un tiempo determinado, su estado se vuelve impredecible (Bau & Shachmurove, 2002) debido a la imposibilidad de realizar mediciones exactas. Al ser una teoría que se abarca en muchas ramas puede ser de importancia para el estudiante el conocer sobre la misma y poder identificar los sistemas caóticos y las características que los describen teniendo así un mayor entendimiento del tema.

Es común encontrar sistemas caóticos los cuales son muy complejos para poder modelar y comprender, sistemas que tienen muchas variables y su divergencia en un estado futuro puede estar dado por distintas razones. Es por ello que este trabajo tiene como objetivo el proponer un modelo simple y visual como herramienta para la enseñanza de las principales características que definen a un sistema caótico, con ese fin se tomó como modelo el péndulo doble. Haciendo uso del lenguaje de programación C++ se simula el comportamiento caótico de dicho sistema y se resaltan sus características principales, buscando que este funcione como un ejemplo sencillo para ejemplificar un sistema caótico y poder enseñar a través del mismo.

En la enseñanza de las ciencias es de gran importancia hacer uso de herramientas didácticas para lograr un aprendizaje adecuado, y más en la actualidad, gracias a la evolución tecnológica que ha habido, se ha ido incorporando el uso de la tecnología como herramienta para la enseñanza (Castro et al., 2007). De este modo es importante considerar el manejo de herramientas tecnológicas, tales como simulaciones, las cuales sirvan para

brindar a la clase un mayor dinamismo en la explicación de los temas y una enseñanza más visual.

En las ciencias, y más específicamente en la rama de la física, algunos temas abordados generan gran confusión y dificultad a los estudiantes, pues las temáticas tratadas en la asignatura son complejas y no del todo comprensibles, tal es el caso de la teoría del caos. Por lo cual es de gran importancia tener en cuenta el empleo de nuevas herramientas para lograr un mejor proceso de aprendizaje en los estudiantes (Jara, 2005), evitando ejemplos y explicaciones confusas. Es necesario buscar la forma en que se facilite al estudiante la adquisición y comprensión de los conceptos y temas tratados en clase, buscar maneras de llamar la atención de los estudiantes para facilitar la comprensión de dichas temáticas, es deber de los maestros el hacer uso de este tipo de herramientas para conseguir facilitar el proceso de aprendizaje de los estudiantes.

2. Marco de referencia

2.1. Teoría del caos

La teoría del caos tiene sus orígenes con Henri Poincaré, cuando se encontraba trabajando en el problema de los n cuerpos, al intentar dar solución a este se percató que era muy complejo y lo redujo a 3 cuerpos, en 1890 publica los resultados concluyendo que las trayectorias de más de dos cuerpos en interacción parecen aleatorias y que no hay una predicción de su comportamiento final debido a pequeñas perturbaciones en el estado inicial (Espinosa & Ureta, 2014). Nace así el primer ejemplo de un sistema caótico, la interacción entre más de dos cuerpos celestes, y se resalta una de las características principales de dichos sistemas, sensibilidad a las condiciones iniciales.

Mucho después, en los años sesenta, el meteorólogo Edward Lorenz, buscaba un modelo para la predicción de fenómenos atmosféricos, logrando reducirlo a un sistema de tres ecuaciones (Espinosa & Ureta, 2014). Ingresó su modelo a la computadora con ciertos datos iniciales y obtuvo unos resultados, luego tomó unos datos intermedios y repitió el procedimiento, para su sorpresa obtuvo unos resultados muy diferentes. Al realizar ciertas observaciones se dio cuenta que el computador había aproximado los datos iniciales, dejándolos de solo 3 cifras en vez de 6 (Beker, 2003). Lorenz había encontrado un sistema sensible a las condiciones iniciales, tal como el estudiado por Poincaré, pues esa pequeña aproximación fue suficiente para obtener una divergencia en el comportamiento futuro del sistema, el sistema no es predecible.

Este fue el comienzo de lo que hoy se conoce como la teoría del caos, la cual ha sido altamente estudiada a través de los años, los sistemas caóticos tienen unas principales características a saber: la no linealidad y autonomía de las ecuaciones de movimiento, sensibilidad a las condiciones iniciales, y la impredecibilidad de los estados futuros del sistema (Lombardi, 2001). Esto quiere decir que el comportamiento de dicho sistema no se puede describir por la superposición de dos o más ecuaciones y, además, que dicho sistema no depende explícitamente del tiempo (Lombardi, 2001).

Los sistemas caóticos parecen describir un comportamiento el cual es aleatorio, y el expresar que existe una impredecibilidad del estado futuro de dicho sistema parece reforzar esta idea de un sistema aleatorio, pero en realidad un sistema caótico es uno determinista (Bau & Shachmurove, 2002), es posible, mediante las ecuaciones de movimiento saber cómo dicho sistema se comporta, la impredecibilidad no hace referencia a la imposibilidad de saber cómo será el comportamiento futuro del sistema en teoría, sino en la práctica. En la realidad no existe tal cosa como las mediciones exactas, razón por la cual cualquier

imprecisión en los datos iniciales se irá aumentando en gran medida con el paso del tiempo, resultando en un gran error de modo que no es posible realizar predicciones del comportamiento futuro del sistema.

2.2. Péndulo doble

El péndulo doble es un sistema físico el cual consiste en dos péndulos simples, uno va atado a un soporte superior (como un péndulo simple común) y el otro va atado al objeto suspendido del primer péndulo. El péndulo doble es un sistema caótico que fue estudiado de manera formal primeramente por Euler y Daniel Bernoulli (Chen, 2008), las ecuaciones que describían el comportamiento de dichos sistemas son complejas, razón por la cual solamente se pudieron estudiar con extensión una vez se desarrollaron métodos numéricos para la resolución de ecuaciones diferenciales y hubo un desarrollo tecnológico, el cual dio vida a las computadoras (Chen, 2008). Pues tales ecuaciones, como las que describen el movimiento del péndulo doble, no eran fáciles de resolver analíticamente.

Es un sistema que parece simple a plena vista, pero su comportamiento es completamente caótico, conformado por dos cuerpos diferentes es un sistema que posee dos grados de libertad (Lozano et al., 2017), de este modo se necesitará de dos ecuaciones diferenciales para la descripción del movimiento de dicho sistema.

Aunque en principio el péndulo doble no parezca un sistema que posea grandes aplicaciones, este sistema es utilizado, por ejemplo, en el observatorio LIGO, donde se utiliza para la filtración de ruido sísmico. También es utilizado como modelo para el brazo humano en el estudio de optimización del movimiento del brazo para deportes como el golf. (Chen, 2008).

Ecuaciones de movimiento

Para poder obtener las ecuaciones de movimiento para este sistema haremos uso de las ecuaciones de Euler-Lagrange, tomando como coordenadas

generalizadas θ_1 y θ_2 , primero escribimos las posiciones de los dos objetos colgantes en función de las coordenadas generalizadas.

$$x_1 = l_1 \sin \theta_1 \quad (1)$$

$$y_1 = -l_1 \cos \theta_1 \quad (2)$$

$$x_2 = l_1 \sin \theta_1 + l_2 \sin \theta_2 \quad (3)$$

$$y_2 = -l_1 \cos \theta_1 - l_2 \cos \theta_2 \quad (4)$$

Derivando respecto al tiempo obtenemos las componentes de velocidad.

$$\dot{x}_1 = l_1 \dot{\theta}_1 \cos \theta_1 \quad (5)$$

$$\dot{y}_1 = -l_1 \dot{\theta}_1 \sin \theta_1 \quad (6)$$

$$\dot{x}_2 = \dot{x}_1 + l_2 \dot{\theta}_2 \cos \theta_2 \quad (7)$$

$$\dot{y}_2 = \dot{y}_1 + l_2 \dot{\theta}_2 \sin \theta_2 \quad (8)$$

El lagrangiano está definido como:

$$L = T - V$$

Donde T es la energía cinética del sistema y V es la energía potencial, haciendo uso de las ecuaciones (1)-(8) podemos hallar las expresiones de energía.

$$T = \frac{1}{2} m_1 l_1^2 \dot{\theta}_1^2 + \frac{1}{2} m_2 (l_2^2 \dot{\theta}_2^2 + l_1^2 \dot{\theta}_1^2 + 2l_1 l_2 \dot{\theta}_1 \dot{\theta}_2 \cos(\theta_1 - \theta_2))$$

$$V = -mgl_1 \cos \theta_1 - mg(l_1 \cos \theta_1 + l_2 \cos \theta_2)$$

La ecuación de Euler-Lagrange está dada por.

$$\frac{d}{dt} \left(\frac{\partial L}{\partial \dot{q}} \right) - \frac{\partial L}{\partial q} = 0 \quad (9)$$

Donde q es la coordenada generalizada, reemplazando el Lagrangiano en la ecuación (9) se obtienen las dos ecuaciones de movimiento.

$$(m_1 + m_2)l_1^2 \ddot{\theta}_1 + m_2 \ddot{\theta}_2 l_1 l_2 \cos(\theta_1 - \theta_2) + m_2 \dot{\theta}_2^2 l_1 l_2 \sin(\theta_1 - \theta_2) + (m_1 + m_2)gl_1 \sin \theta_1 = 0 \quad (10)$$

$$m_2 l_2^2 \ddot{\theta}_2 + m_2 \dot{\theta}_1 l_1 l_2 \cos(\theta_1 - \theta_2) - m_2 \dot{\theta}_1^2 l_1 l_2 \sin(\theta_1 - \theta_2) + m_2 g l_2 \sin \theta_2 = 0 \quad (11)$$

Las ecuaciones (10) y (11) son las ecuaciones de movimiento para los objetos 1 y 2 respectivamente, estas ecuaciones son ecuaciones diferenciales no lineales y las cuales utilizaremos para la modelación de nuestro péndulo doble.

2.3. Método de Runge-Kutta

El método de Runge-Kutta es un método numérico iterativo para la resolución de ecuaciones diferenciales, el cual usa cuatro pasos, en el método de cuarto orden, para hallar la pendiente promedio entre un intervalo de modo tal que se aproxime a la función exacta, el método de Runge-Kutta logra la exactitud de la serie de Taylor sin la necesidad de calcular derivadas (Chapra & Canale, 2006) Para el caso de un sistema de dos ecuaciones diferenciales de segundo orden, el método de Runge-Kutta viene dado por cuatro pendientes k , l , q y m , las cuales se

describen tras reducir el sistema a cuatro ecuaciones diferenciales de primer orden. Estas pendientes se obtienen aplicando dos veces el método para ecuaciones diferenciales de segundo orden (Franco, 2016).

3. Metodología

Con el fin de una apropiada realización de la simulación del péndulo doble, primero se realiza el análisis físico para la obtención de las ecuaciones de movimiento mediante la mecánica Lagrangiana, las ecuaciones de movimiento, de los dos objetos, son las mostradas en las ecuaciones (10) y (11). Se evidencia que estas ecuaciones no tienen solución analítica, por lo cual es necesario hacer uso de métodos numéricos para la resolución de estas ecuaciones. En este caso se hace uso del método de Runge-Kutta de cuarto orden para resolución de sistemas de ecuaciones diferenciales de segundo orden, de este modo es posible obtener una solución de las ecuaciones de movimiento aproximada a la que se obtendría con una solución analítica.

Para poder modelar este sistema se realizó un código en C++ el cual hace uso de las ecuaciones de movimiento y del método de Runge-Kutta con el objetivo de obtener el comportamiento del sistema, es importante recalcar que este es un proceso iterativo y que la precisión del mismo depende del paso y de la cantidad de iteraciones, para este caso la simulación se realizó con un paso de 0.01 y con un número de iteraciones de 3000, de modo que se pueda tener una modelación apropiada del sistema la cual se acomode de mejor manera al comportamiento real que tendría un péndulo doble. Para la realización de la simulación se establecen como constantes ciertos valores escogidos arbitrariamente, en este caso se fijaron los valores de longitud de las cuerdas y la masa de los objetos, las cuales se dejaron con diferente valor para cada péndulo, y además las condiciones iniciales se tienen diferentes para el ángulo inicial, mientras que para la velocidad inicial se mantienen iguales a cero en ambos casos. Se guardan los valores de: tiempo,

θ_1 , θ_2 , ω_1 , ω_2 , posición x_1 , posición y_1 , posición x_2 y posición y_2 .

En aras de una adecuada visualización del caos se ejecuta el código dos veces, en la primera se toma una condición inicial y se guardan los datos y en la segunda se cambia dicha condición inicial en una cantidad pequeña (tal como en ± 0.02) y se guardan estos nuevos datos. Acto seguido se toman los datos de las dos ejecuciones y se realizan las gráficas de: θ_1 en función del tiempo, θ_2 en función del tiempo y de y_2 en función de x_2 . De este modo se puede observar la discrepancia que se presentan entre las dos ejecuciones con pequeña variación en las condiciones iniciales, en las gráficas realizadas no solo se puede visualizar el comportamiento, general, del péndulo doble, sino que también es posible visualizar el caos, es evidente que a medida que el tiempo pasa el comportamiento de los dos sistemas empieza a diferir, dando como resultado comportamientos completamente distintos para los dos casos después de un tiempo determinado. Debido a la cantidad de iteraciones que se realizan, mencionado anteriormente, la cantidad de datos que se obtienen es grande, razón por la cual la representación de los datos se lleva a cabo con gráficas, las cuales son más compactas y mejores tanto para la visualización del comportamiento, como para el análisis de datos.

Se producen las tres gráficas debido a que el caos, la discrepancia entre los dos sistemas con condiciones iniciales diferentes, se puede estudiar en todos los casos, tanto en el movimiento angular del objeto uno, como en el del objeto dos. Además de esto se realiza la gráfica de y_2 en función de x_2 para poder visualizar la órbita, o trayectoria, que el objeto dos tiene, es decir, el comportamiento que se observaría para el péndulo doble si se realizara el experimento en la realidad.

Esta práctica se realiza con el fin de poder brindarle a los docentes una herramienta que pueda servir para presentarle a los estudiantes el concepto de caos y las principales características de estos sistemas de una forma visual y no tan confusa,

mediante un sistema simple como el péndulo doble. Las gráficas se realizan con dos condiciones iniciales diferentes, pero cercanas, para que se le pueda recalcar al estudiante que estos sistemas, al paso de un tiempo determinado, comienzan a tener diferencias en su comportamiento y por ello se vuelve impredecible. El profesor es libre de escoger en qué nivel académico desea implementar este instrumento, pues se pueden dar concepciones muy básicas en torno a la teoría del caos (como las mostradas en este artículo) con el fin de identificar los sistemas caóticos y entender sus propiedades, o es también posible realizar una profundización mayor en estos temas y llegar a conceptos más complejos que también competen a la teoría del caos. Es importante considerar el uso de implementos como estos para así llevar al aula herramientas de enseñanza basadas en TICs, brindando al maestro y al estudiante un acercamiento a las tecnologías, las cuales los rodean todos los días en su entorno cotidiano.

4. Resultados

Con el código realizado¹ se obtuvieron los datos de tiempo, posición y velocidad angular y posición en x y en y para los dos objetos. Para los datos mostrados a continuación se estableció la longitud de la cuerda 1 en 2.0 metros, la longitud de la cuerda 2 en 1.5 metros, la masa 1 en 1.0 kg y la masa 2 en 0.5 kg, además se varía una sola condición inicial, de modo que el sistema no se vea altamente afectado por variar más de una condición a la vez.

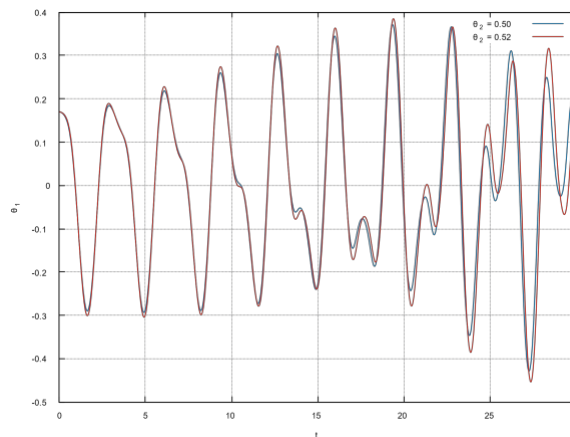


Figura 1. Gráfica de θ_1 en función del tiempo para una variación de la condición del ángulo inicial del objeto 2.
Fuente: autor.

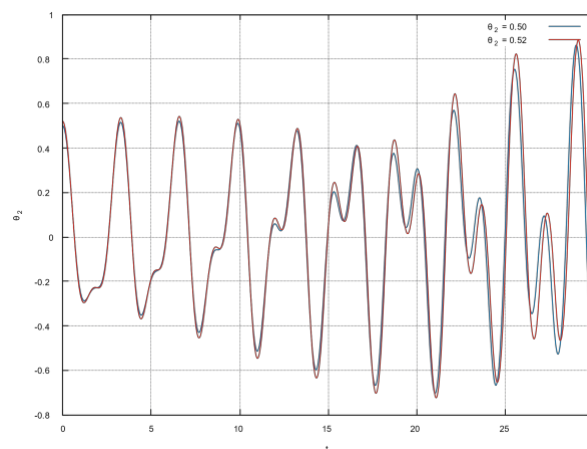


Figura 2. Gráfica de θ_2 en función del tiempo para una variación de la condición del ángulo inicial del objeto 2.
Fuente: autor.

¹ El código se puede encontrar en:
<https://github.com/DanielM22/PenduloDoble.git>

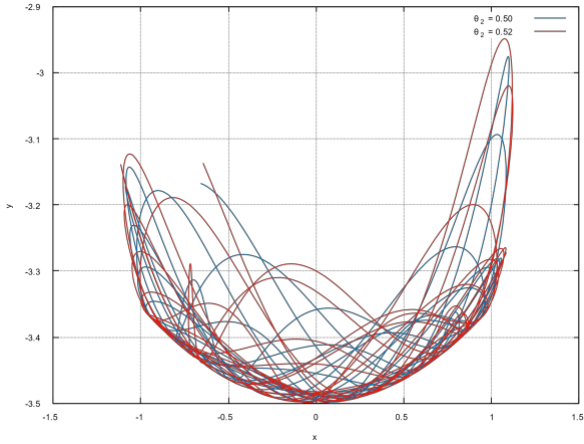


Figura 3. Gráfica de y_2 en función de x_2 para una variación de la condición del ángulo inicial del objeto 2. **Fuente:** autor.

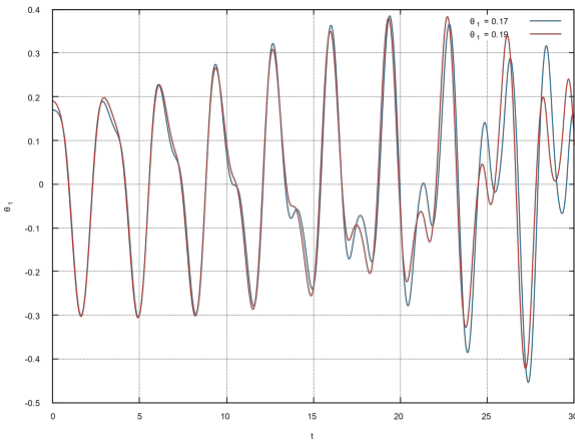


Figura 4. Gráfica de θ_1 en función del tiempo para una variación de la condición del ángulo inicial del objeto 1. **Fuente:** autor.

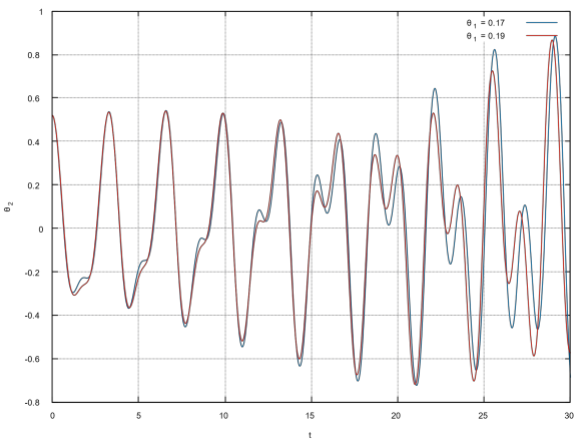


Figura 5. Gráfica de θ_2 en función del tiempo para una variación de la condición del ángulo inicial del objeto 1. **Fuente:** autor.

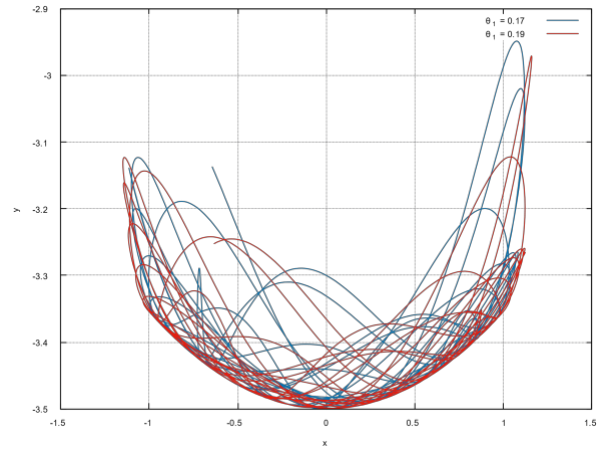


Figura 6. Gráfica de y_2 en función de x_2 para una variación de la condición del ángulo inicial del objeto 1. **Fuente:** autor.

En las gráficas mostradas en las figuras 1-3 las condiciones iniciales de θ_1 , ω_1 y ω_2 se mantuvieron fijas, el ángulo inicial del objeto 1 se fijó en 0.17 radianes, y las velocidades angulares tanto del objeto 1 como del objeto 2 se fijaron en 0.0 rad/s.

Para el caso de las gráficas mostradas en las figuras 4-6 se fijaron las condiciones iniciales de θ_1 , ω_1 y ω_2 . El ángulo inicial del objeto 2 se fija en un valor de 0.52 radianes, y al igual que en el caso anterior las velocidades angulares de los dos objetos se fijaron ambas en 0.0 rad/s.

4.1. El efecto mariposa

A estas alturas del documento es posible notar que la analogía del efecto mariposa describe estas características de sensibilidad a las condiciones iniciales e impredecibilidad del sistema, pero esta analogía hace referencia a un sistema que es mucho más complejo que el péndulo doble, el clima. En el marco de la teoría del caos se podría decir que una variación pequeña, tal como el aleteo de una mariposa, si pueda resultar en un comportamiento completamente diferente como lo sería un huracán. Pero eso está mal, no es posible afirmar que fue

dicho cambio el que causó el huracán, pues al ser un sistema tan complejo tiene muchas variables que pueden afectar el estado final del mismo, puede que todas estas variables hayan contribuido al cambio que se obtiene en el comportamiento del sistema y no sea solo el cambio en una condición inicial.

Al presentar una analogía como esta a los estudiantes, estos pueden pensar que las variaciones en las condiciones iniciales en un sistema caótico no son tan graves, pues todos los días las mariposas baten sus alas, pero no siempre hay huracanes. O se podría pensar algo contrario, creer que con un cambio tan pequeño los sistemas son muy volátiles, razón por la cual estos sistemas caóticos son totalmente aleatorios y no es posible determinar el estado de estos en ningún intervalo de tiempo, pues se tendrán cambios muy grandes.

4.2. Sensibilidad a las condiciones iniciales

En las gráficas obtenidas se realizaron cambios en las condiciones iniciales, las primeras gráficas (figuras 1-3) presentan una variación en la condición inicial del ángulo θ_2 en una cantidad de 0.02 radianes, siendo esta una variación pequeña, pero de igual forma se hace evidente que el comportamiento del sistema difiere con el tiempo. Observando estas gráficas se puede notar que el comportamiento inicial se mantiene cerca, pero luego de un tiempo estos empiezan a distinguirse, se empieza a evidenciar un comportamiento diferente.

De igual forma las gráficas restantes (figuras 3-6) presentan una variación en la condición inicial del ángulo θ_1 en la misma cantidad de 0.02 radianes, al igual que en la variación de la condición inicial de θ_2 el sistema describe un comportamiento que al pasar el tiempo comienza a diferir dada la condición inicial.

Esto describe con exactitud a lo que se refiere la sensibilidad a las condiciones iniciales, pues, como se mencionó anteriormente, en las gráficas mostradas solamente se varió una condición inicial, ya sea $\theta_2(0)$, para el caso de la primera simulación, o $\theta_1(0)$, para el caso de la segunda simulación, todos los demás datos que podrían afectar el comportamiento del sistema, tales como masa,

longitud e incluso otras condiciones iniciales se dejaron constantes. De este modo se puede ver que lo único que varía entre los dos sistemas es una condición inicial en una cantidad pequeña, e incluso así se puede notar que el sistema está cambiando, discrepando uno con el otro a medida que pasa el tiempo, es decir, el sistema es sensible a las condiciones iniciales.

4.3. Impredecibilidad del sistema

Al igual que con la sensibilidad a las condiciones iniciales, la característica de impredecibilidad parece notarse en el comportamiento general del sistema, al lucir como un comportamiento aleatorio, pero esta no es la esencia de la característica de impredecibilidad de los sistemas caóticos, la esencia yace en que, incluso existiendo unas ecuaciones de movimiento para este sistema, en la realidad no es posible realizar predicciones del estado futuro de este sistema, pues el hecho de que este sea sensible a las condiciones iniciales, logra que sea imposible predecir el comportamiento del sistema, debido a la imposibilidad de lograr un grado de precisión tal, que sea posible establecer la condición inicial en un punto determinado.

Esta impredecibilidad es otra característica importante de los sistemas caóticos, se puede ejemplificar en las gráficas mostradas anteriormente, pues puede que se realice una predicción la cual describa un comportamiento como la línea azul, pero, a la hora de realizar el experimento, la precisión falle y se termine obteniendo un comportamiento como el descrito por la línea roja.

4.4. Comportamiento casi aleatorio en un sistema determinista

Como se mencionó anteriormente tenemos un sistema que es determinista, pues existen ecuaciones las cuales describen y hacen posible la modelación de este, como se evidencia en las gráficas, se simula el comportamiento del sistema para unas condiciones dadas en cualquier tiempo. Pero al mismo tiempo dicho sistema posee un comportamiento que parece aleatorio, esto se puede evidenciar en las gráficas obtenidas al

observar como el actuar, en general, del sistema parece ser aleatorio, esta propiedad puede ser mejor ilustrada con las gráficas de la trayectoria del objeto (figuras 3 y 6) pues estas representan el comportamiento que se percibiría, del objeto 2, si se realizará el experimento. Se puede observar que se trata de un comportamiento que parece totalmente aleatorio, es decir, no parece que se pudiera describir por unas ecuaciones.

Con los puntos resaltados anteriormente se propone a los docentes hacer uso de esta herramienta para brindar una clase, en la cual, se desee realizar una explicación de la teoría del caos, se puede hacer esta práctica de la forma como es presentada en este artículo; presentar a los estudiantes el sistema que se va a estudiar (en este caso el péndulo doble) y luego hacer uso de las gráficas para resaltar las propiedades primordiales de los sistemas caóticos. Este ejemplo de sistema caótico es más sencillo que uno climático y, por ende, puede presentar una mejora a la hora de brindar un ejemplo de caos, desde el cual se pretende explicar las propiedades de estos sistemas. En el aula es posible realizar la práctica con los estudiantes al hacerlos partícipes en la elección de los valores de las condiciones iniciales, es importante recalcar que la simulación, el código, se presenta como herramienta para dar lugar a una explicación, razón por la cual los estudiantes no deberán programar ni preocuparse por los detalles del código. El maestro puede presentar las gráficas de movimiento, recalcándoles que todas las demás variables se mantienen constante y además, hacerles notar cómo estas se encuentran cerca al principio, pero a medida que transcurre el tiempo se separan estas soluciones, de modo que se entienda desde ese punto las características como sensibilidad a las condiciones iniciales, impredecibilidad y comportamiento casi aleatorio en un sistema determinista, además de la propia teoría; siguiendo las justificaciones y las observaciones que se dieron en los puntos anteriores.

5. Conclusiones

Mediante la simulación es posible ilustrar las características principales de los sistemas caóticos de una manera visual, mediante las gráficas mostradas en las figuras 1-6, dando a entender a los estudiantes lo que es la teoría del caos y a poder identificar las características diferenciadoras que hacen que un sistema sea caótico.

El efecto mariposa es una analogía que describe muy bien las características principales de los sistemas caóticos, pero puede presentar confusiones o malinterpretaciones en los estudiantes a la hora de explicar con este ejemplo, por ello se propone hacer uso de la herramienta aquí expuesta, ya que el péndulo doble es un sistema simple con el cual se puede explicar las características definitorias de los sistemas caóticos. Además, el realizar una simulación logra que se pueda ejemplificar estas características de manera visual, logrando llegar a los estudiantes de una manera más fácil.

El docente tiene como labor facilitar el proceso de aprendizaje del alumno, esto se puede lograr mediante el uso de ejemplos simples e ilustrativos, en lugar de ejemplos complejos que puedan llevar a genera mayor confusión a la hora de enseñar. Por esta razón se propone este modelo para que el docente haga uso de este, del modo aquí presentado, a la hora de enseñar la teoría del caos, de tal forma que se facilite tanto para el docente como para el estudiante el proceso de enseñanza y aprendizaje. Como se ha mencionado anteriormente en el documento, este artículo propone el uso de este modelo y una forma de empleo viable para la enseñanza del caos, queda por fuera de los límites de este escrito la evaluación de dicho método en las aulas de clase, es decisión del maestro el cómo darle uso a este modelo para aplicarlo a la enseñanza y qué temas, dentro de la teoría del caos, desea exponer a sus alumnos con ayuda de esta herramienta.

En el presente artículo solamente se propone el uso del péndulo doble para ilustrar lo que es un sistema caótico y explicar las principales características como la sensibilidad a las condiciones iniciales, impredecibilidad del sistema, y el supuesto comportamiento aleatorio del sistema. Pero la

enseñanza mediante este ejemplo se puede extender a más conceptos, tales como: espacio de fase, atractores extraños, exponente y tiempo de Liapunov; conceptos que se pueden ejemplificar con la propia simulación, ya sea con gráficas (gráfica de $\dot{\theta}$ en función de θ) o valores obtenidos de los datos. Razón por la cual este ejemplo puede ser de mayor utilidad de lo aquí expuesto, pues haciendo uso del mismo ejemplo simple de sistema caótico se pueden abordar temas que son más técnicos y complejos, convirtiéndola en una excelente herramienta tecnológica para poder dar a los estudiantes una buena idea de lo que es la teoría del caos y poder abordar temas que son complejos, de una manera gráfica e ilustrativa.

6. Referencias

- Bau, H., & Shachmurove, Y. (2002). *Chaos Theory And Its Application*.
- Beker, V. (2003). *La teoría del caos: una explicación simple de un fenómeno complejo*.
- Castro, S., Guzmán, B., & Casado, D. (2007). Las TIC en los procesos de enseñanza y aprendizaje. *Laurus*, 13(23), 213–234.
- Chapra, S. C., & Canale, R. P. (2006). *Métodos numéricos para ingenieros* (5th ed.). McGraw-Hill Education.
- Chen, J. (2008). *Chaos From Simplicity: An Introduction to the Double Pendulum*.
- Espinosa, A. E., & Ureta, C. (2014). La creación de la metáfora “el efecto mariposa.” *Ciencia*, 65(4), 67–73.
- Franco, Á. (2016). *Sistema de ecuaciones diferenciales de segundo orden*. Curso Interactivo de Física En Internet.
http://www.sc.ehu.es/sbweb/fisica/_numerico/diferencial/sistema_segundo.html
- Jara, S. (2005). Investigación en la enseñanza de la física. *Sinéctica*, 27, 3–12.
- Lombardi, O. (2001). La teoría del caos y sus problemas epistemológicos. *Revista de Filosofía*, 57, 91–109.
- Lozano, A., Ortiz, P., Díaz, J., & Mejía Fontanot, E. (2017). *La Dinámica del Péndulo Doble*.

THE PHOTOELECTRIC EFFECT: AN EXAMPLE OF THE MEDIATION OF TEACHING LEARNING PROCESSES WITH GOOGLE COLLABORATORY

O EFEITO FOTOELÉTRICO: UM EXEMPLO DA MEDIAÇÃO DOS PROCESSOS DE ENSINO-APRENDIZAGEM COM O GOOGLE COLABORATÓRIO

EL EFECTO FOTOELÉCTRICO: UM EJEMPLO DE LA MEDIACIÓN EN PROCESOS DE ENSEÑANZA Y APRENDIZAJE MEDIANTE EL GOOGLE COLLABORATORY

Pedro Ignacio Deaza Rincon¹, Omar Alfonso Bohórquez Pacheco², José Luis Zamora Alvarado³

Deaza, P.; Bohorquez, O.; Zamora, J. (2023). The photoelectric effect: an example of the mediation of teaching learning processes with google collaboratory. *Góndola, Enseñanza y Aprendizaje de las Ciencias*, Número especial, v18, pp.1-17

Resumen

El efecto fotoeléctrico es un experimento legendario llevado a cabo magistralmente por Robert Andrews Millikan, un experimentador de renombre, quien a pesar de sus opiniones y conclusiones contradictorias sobre los fenómenos cuánticos observados, fue históricamente un protagonista esencial en la construcción de la física cuántica. En este experimento se confirmó la explicación teórica de Albert Einstein sobre el efecto fotoeléctrico, se obtuvo una determinación precisa de la constante de Planck y, además, se inició la caracterización de los materiales fotoeléctricos. En este trabajo, el experimento del efecto fotoeléctrico se utiliza para implementar un ejemplo de mediación de los procesos de enseñanza-aprendizaje con Google Collaboratory. Esta propuesta forma parte del flujo de eventos en el contexto de la nueva tendencia que surge en el escenario del desarrollo científico, tecnológico y técnico, y marca el comienzo de una forma nueva y radical de desarrollar la ciencia, la educación y la cultura para seguir construyendo el discurso científico de nuestro tiempo.

Palabras clave: Técnica de enseñanza. Historia. Ciencias de la computación.

¹ Universidad Distrital Francisco José de Caldas. pdeaza@udistrital.edu.co / <https://orcid.org/0000-0002-0841-1424>

² Universidad Distrital Francisco José de Caldas. oabohorquezp@udistrital.edu.co / <https://orcid.org/0000-0001-9689-3138>

³ Universidad Distrital Francisco José de Caldas. oabohorquezp@udistrital.edu.co / <https://orcid.org/0000-0002-9464-1946>

Física

Abstract

The photoelectric effect, is a legendary experiment carried out masterfully by Robert Andrews Millikan, a renowned experimentalist, who despite his continuous contradictory opinions and conclusions about the observed quantum phenomena, historically was an essential protagonist in the construction of quantum physics. In this experiment, Albert Einstein's theoretical explanation of the photoelectric effect was confirmed, a precise determination of Planck's constant was obtained, and furthermore, it induced the beginning of the characterization of photoelectric materials. In this work, the photoelectric effect experiment, is used to implement an example of the mediation of teaching-learning processes with Google Collaboratory. This proposal, is part of the flow of events in the context of the new trend that emerges in the scenario of scientific, technological and technical development, is the beginning of a new and radical way to develop science, education and culture to continue constructing the scientific discourse of our time.

Keywords: Teaching technique, history, computer science, physics

Resumo

O efeito fotoelétrico é um experimento lendário realizado com maestria por Robert Andrews Millikan, um renomado experimentalista, que, apesar de suas opiniões e conclusões contraditórias contínuas sobre os fenômenos quânticos observados, historicamente foi um protagonista essencial na construção da física quântica. Neste experimento, a explicação teórica de Albert Einstein sobre o efeito fotoelétrico foi confirmada, obteve-se uma determinação precisa da constante de Planck e , além disso, induziu-se o início da caracterização de materiais fotoelétricos. Neste trabalho, o experimento do efeito fotoelétrico é utilizado para implementar um exemplo de mediação dos processos de ensino-aprendizagem com o Google Collaboratory. Essa proposta faz parte do fluxo de eventos no contexto da nova tendência que emerge no cenário do desenvolvimento científico, tecnológico e técnico, sendo o início de uma forma nova e radical de desenvolver ciência, educação e cultura para continuar construindo o discurso científico de nosso tempo.

Palavras-chave: Técnica de ensino, história, ciência da computação, física

1. Introduction

The beginning of this new millennium brought with it the creation and growing development of tools and communication, education and collaborative work applications usable on the network of internet and for which an increasing number of resources have been implemented that translate into benefits and number of participants. The new panorama created by the pandemic accelerated the improvement and ostensibly massified the use of the various tools. The scientific, academic and educational communities were the communities that were least alien to this revolution and most closely linked to its development and application. Currently the most developed and massively used tools are: Google Meet, Zoom, Jitsi Meet, Blackboard collaborate, Skype among others. Specialized tools and applications scientific, academic and collaborative work that have caused the greatest impact are: Jupyter Notebook, JupiterLab, JupiterHub, Google Colaboratory, Codeanywhere, AWS Cloud9, Atom. (Sanz, 2019), (Deaza, 2021).

Consequently, there is currently a wide range of collaborative tools and applications in the different areas of knowledge to work at different levels and obviously each one of them at their corresponding level can be used to mediate teaching-learning processes. This new trend, emerging in the natural context of scientific, technological and technical development, is the beginning of a new and radical way of developing science, education and culture. to continue building the scientific discourse of our time. The educational model to mediate teaching-learning processes using Google Collaboratory is based on the fact that Google Collaboratory is a free environment based on Jupyter notebook that runs on Google's cloud servers. It allows to install contained and non-

contained libraries and repositories by default and also those native and non-native to python, to write and execute code in python, to document the topic using Latex and HTML, to create and share notebooks using different tools, applications, platforms and mechanisms on top of internet, import, export and publish notebooks, data, archives, files from and/or to Google Drive, GitHub, local drives and other cloud spaces, access and use of CPU, GPU and TPU. (Baume, 2021), (Deaza, 2016).

2. Theoretical Model

It can be affirmed without fear of mistakes that given the vertiginous scientific and technological development of our days; an educational praxis detached from a scientific praxis is unthinkable. Classroom activity, teacher-student interactivity and technological resources cannot continue to be limited to navigating the arid discourse of the scope of science. The classroom must be transformed philosophically, politically, pedagogically, didactically and technologically. The path towards a scientific, interactive and technological classroom that simultaneously allows student and teacher learning must be initiated.

The fusion of the previous ideas must lead to the materialization of a changing and revolutionary dynamic classroom. We must always take a first step to build a reality based on the utopia we long for. This should be the hope that accompanies new educators. The purpose of using Google Collaboratory as a mediator of teaching-learning processes is to closely link scientific praxis with educational praxis in a practical context in the teaching-learning process inside the classroom, outside of it, and even insert this link into everyday life, making use of consumer technologies. (Deaza, 2021).

3. Methodology

A logical conceptual process must dominate the tangible implementation of a methodology. completely practical, closely linked to the science of the subject that constitutes the axis of a session in the teaching-learning process. A methodological sequence is proposed below.

- Masterful presentation of the topic.
- Motivation for numerical analysis, graphics, creation of databases, simulation and animation.
- Presentation and introduction of Google Collaboratory.
- Training in the use of HTML and LaTeX to document the topic.
- Development of the code for scientific analysis of the topic
- Dynamization of the process to induce the student to adopt the work methodology.
- Conceptual, numerical and graphic evaluation of learning outcomes.

The model should qualitatively evaluate the degree of appropriation of concepts, definitions, laws and mathematical formalism and the student's ability to interpret, analyze and apply what has been learned. The result of the qualitative evaluation is, in reality, what is called conceptual evaluation and should be translated into a numerical scale that allows averaging with the numerical evaluation, the latter comes from the qualification of tasks, workshops and individual and collective exams. The numerical results of the evaluation must be delivered to the student who must graphically analyze their learning

results monitored by the teacher. (Deaza, 2016).

To implement the model using Google Collaboratory, we will use the photoelectric effect, a legendary experiment done by R. Millikan, in which he tried for ten years to prove that Einstein's theory was not correct, to finally conclude that it was. Einstein and Millikan were awarded Nobel Prizes in 1921 and 1923, respectively. (Einstein,1905), (Millikan, 1916).

4. The Photoelectric Effect and Historic Context

4.1 The need for historical context in the conceptualization of the scientific ideas that frame the theories of light

Although in this project we seek to emphasize the learning of the photoelectric effect from the use of modern technological tools due to their boom in the times, it is also essential that the student has an articulated view of the knowledge that frames development and evolution of scientific theories. In this sense, the work of the history of science is relevant, which allows the student to understand the development of science as a company created by humans, which is changing their conceptions of reality according to their historical context (Niaz et al., 2010), (Galili, 2008). For these reasons, for its connection with the photoelectric effect and by the nature of this document we have decided to make a synthetic historical summary of the theories of the nature of light from its origins to the present day.

4.2 The nature of light

Since ancient times man has worried about the nature of things, of course the essence and behavior of light have been one

of the greatest mysteries for man to this day. Throughout history, the nature of light has been debated as to whether light is a wave or a corpuscle. Since according to classical physics, a wave is a disturbance without mass that travels extended in space, while a particle has a defined position in space and has a precise mass, these differences make these physical entities of a completely opposite nature. However, currently within quantum physics it has been concluded that light has dual behavior. The light is wave and particle at the same time, which is called corpuscle duality. (Llandres et al., 1996), (Eisberg et al. 1978)

4.3 The Greeks: The quantification of light and matter

For anyone, is no secret that in ancient times the Hellenic civilization stood out from others for its approach to reality through what was called philosophy. In this context and due to the different questions that Greek philosophers asked themselves, the concern arose about the nature of human vision and with it the nature of light. In order to answer these questions, two theories were created: the "Extramission" and the "Intromission" of rays or particles called "Effluvium". In the extramission proposed by Empedocles (495/490 - 435/430 BC), the observer emits effluvia from his eyes in order to detect objects, while in the intromission formulated by Leucippus (460 - 370 BC), it is the object that emits the effluvia that enters the observer's eyes (Gallardo, 2010).

At the heart of the theories of quantization of matter and light is the figure of the Greek Democritus philosopher (460 - 370 BC), this philosopher is recognized for being the creator of the idea that the subject is formed by "atoms", Which are established as the fundamental unit of matter. However, the

contribution of Helleno to the granular conception of light is not very mentioned. For Democritus the effluvia were the constituent particles of light, with dissimilar forms, and dispositions, moreover, product of their interactions the different colors were generated. Even Plato (427 - 347 BC) adhered to the idea of effluvia as particles, but in this case its geometric shape was tetrahedral and the varied colors of light would be defined by their different speeds. (Llandres et al., 1996). This historical information is evidenced that the models of quantization of matter and energy in their most primitive form had origin in Greek philosophical thinking. (Gallardo, 2010).

4.4 Wave theory of light in the seventeenth century

By the 17th century the phenomena of light propagation such as reflection and refraction were already recognized and even treated quite prudently by Arab philosophers and scientists such as Alhacen (965 - 1060) and Al-farisi (1267 - 1319). In this century the wave theory of light was strongly developed by scientists such as Rene Descartes (1596 - 1650), Francesco Maria Grimaldi (1618 - 1663), Robert Hooke (1635 - 1703) and Cristian Huygens (1629 - 1695). It was these scientists who, with their wave theory, were able to explain phenomena such as reflection, refraction, diffraction and even the double refraction of light.

The synthesis of these ideas was presented by Huygens in his book entitled "Treaty on Light" which was published in 1690. In this Document Huygens presented the light as a wave or disturbance that traveled through a material medium (ether), analogically as sound waves do. From this perspective, disturbance and wave move in parallel. Unfortunately, this model did not

explain the polarization of light. As for the instant propagation of light, the Dutch scientist stated that, as the waves in a pond require time to spread, in the same way light waves need time to extend at constant speed. (Eisenstaedt, 2015).

4.5 Corpuscular theory of light in the 18th century

In 1704 Isaac Newton (1642 - 1727) published his book "Optics", in this Treaty Newton explained some phenomena of light such as; Reflection, refraction and colors. Here the experimental works of him were revealed regarding the colors and composition of white light. Using these evidences Newton raised his explanation of the nature of the light, for him, light was composed of materials or material corpuscles of different sizes that were emitted by the bodies and arrived in a straight line in the eyes.

These ideas allowed him to explain in a simple way the reflection and refraction of light, however, to explain the refraction of light, unlike undulatory theory, light would increase its speed within the refractor environment, this justified by the forces of mechanical attraction in the neighborhoods of the medium. With his postulates Newton was able to explain the rainbow, in addition, by his great influence, Newton's ideas regarding the behavior of light were the predominant during almost the entire 18th century. (Granés S., 1988), (Eisenstaedt, 2015) & (Gallardo, 2010).

4.6 The new wave of light

At the beginning of the 19th century the vision of nature and the behavior of light would change forever. In the hands of scientists Thomas Young (1773 - 1829),

François Arago (1786 - 1853) and Augustin Fresnel (1788 - 1823) the final theory would be developed to crush the corpuscular vision of the light raised by Newton at the beginning of the 18th century.

In the first instance Thomas Young carried out the double slit experiment, in this work the British scientist proved the wave nature of light, which allowed him to explain the phenomena of interference and diffraction (Eisenstaedt, 2015). Some time later, in 1819, the mathematical theory of the undulatory nature of light was presented by Fresnel at the Academy of Sciences in Paris, with which the various observations regarding the behavior of light were correctly justified. However, Simeon Poisson (1781 - 1840) showed that these ideas predicted the existence of a point of light behind an object that blocked the light. However, this point of light was put into evidence experimentally by Arago (Gallardo, 2010), (Eisenstaedt, 2015) & (Trabulse, 2007). Finally, to explain the polarization problem of light, discovered by Étienne-Louis Malus (1775 - 1812) in 1809, Young proposed that light behaved as a wave of transverse character, i.e., the direction of wave propagation and the direction of the perturbation are perpendicular to each other. Perhaps the only problem not solved by this model was that of the medium of propagation of light (ether).

These results resulted in the momentary decline of the corpuscular or granular theory of light in the nineteenth century. (Gallardo, 2010), (Llandres et al., 1996). Despite this story, Jean Eisenstaedt (1940) in his book entitled "Before Einstein: Relativity, Light and Gravitation," says the possibility of a parallel story in which the ideas of corpuscular theory could in this historical context, be Approaching the basic ideas of the relativity of Albert Einstein (1879

- 1955), the creators of these ideas would be mainly John Michell (1724 - 1793) and Robert Blair (1748 - 1828). (Eisenstaedt, 2015). Which unfortunately were overshadowed by the wave of the undulating nature of light.

4.7 Electromagnetism: the parallel paths of light

At the beginning of the 19th century and simultaneously to the development of undulatory theories of light, the fundamental ideas of electromagnetism were discovered. The definitive finding in the direction of electromagnetism was made by Hans Christian Ørsted (1777 - 1851) in 1820, who found experimentally that, the electric current flowing through a conductive thread could move the magnetized needle of a small compass. (Gamow, 1960), (Gallardo, 2010).

Enlightened by this experience, André-Marie Ampère (1775-1836) and Michael Faraday (1791-1867) experimentally discovered the laws of electromagnetism. However, it was the British scientist James Clerk Maxwell (1831-1879) who would develop a successful theoretical formulation of electromagnetic theory in his 1865 paper "A Dynamical Theory of the Electromagnetic Field". Perhaps the most disturbing result of Maxwell's theoretical expressions was his prediction of the possible existence of electromagnetic waves. With these equations it became possible to determine the speed of propagation of these waves, to Maxwell's surprise these waves propagated at a speed of about 300000 km/s, which turned out to be the speed of light.

With this evidence it became undoubted for the British scientist who, the light was an electromagnetic wave that spread through the ether. (Gamow, 1960), (Gallardo,

2010). While the developments of electromagnetism laid the conceptual basis of the undulating nature of light, the problem of the "ether" material by which these waves are propagated, it was not resolved, until the German physicist Albert Einstein raised the special relativity in 1905 (Gamow, 1960), (Gallardo, 2010) & (Eisenstaedt, 2015).

4.8 Color, temperature and radiation

On the other hand, by the middle of the 19th century the science of thermodynamics had already been developed by scholars such as William Thompson (1824 - 1907) "Lord Kelvin", Rudolf Clausius (1822 - 1888), James Prescott Joule (1818 - 1889), among others. However, in this context, thermodynamics needed to be explained by an underlying theory. To explain the microscopic basis of thermodynamics, scientists like Maxwell, Ludwig Boltzmann (1844-1906), and Josiah Willard Gibbs (1839-1903) developed what became known as the kinetic theory of heat. This theory assumed the existence of small constituent particles of matter, which were governed by Newton's laws, and that due to their molecular agitation the temperature of any physical system could be defined (Gamow, 1960).

Also, by this same time (1862) German physicist Gustav Kirchhoff (1824 - 1887) was doing the study of what he baptized as "black body." Theoretical body that could absorb all the energy it received in the form of radiation, which would generate thermal agitation in the body, and that would cause an emission of energy known as black body radiation. (Gallardo, 2010). By the end of the 19th century different scientists had carried out empirical studies of the radiation issued by black bodies at different

temperatures, in these studies empirical laws were found for the problem by Wilhelm Wien (1864 -1928), Josef Stefan (1835 - 1893) and Ludwig Boltzmann. It is important to note that these laws were found using electromagnetism laws and emerging ideas of statistical mechanics. (Gamow, 1960).

Despite these developments, the underlying theory that would account for blackbody radiation curves remained elusive, even the scientists Lord Rayleigh (1842 - 1919) and James Jeans (1877 - 1946) developed a model that was called classical, since it was based on the laws of electromagnetism and the ideas of classical statistical mechanics, however, this ended up becoming the ultraviolet catastrophe, since it predicted that the energy emitted by the body diverges at these wavelengths, a result that was not compatible with the observations (Gamow, 1960). (Gamow, 1960).

Finally, to account for the theory that explained the black body problem, the German scientist Max Planck (1858 - 1947) developed a hypothesis in which the energy emitted by the black body was not emitted continuously, but was produced in a discrete manner, i.e. in the form of energy packets called "Quanta". This idea allowed Planck to propose in 1900 the law of black body radiation. This hypothesis was known as Planck's law and became one of the fundamental ideas of Quantum Mechanics that appeared time after the hand of Niels Bohr (1885 - 1962) and Albert Einstein (Gamow, 1960), (Gallardo, 2010).

4.9 The photoelectric effect: Revenge of the corpuscular theory of light

The photoelectric effect saw the light with the experiments performed by Heinrich

Hertz (1857 - 1894) in 1887 to test the existence of electromagnetic waves predicted by Maxwell's theory. In this experience Hertz used an electromagnetic wave receiver coil that when he received a wave issued a spark. In this experience the scientist detected that, with an ultraviolet light incident in the spark, it intensified. This experience was also carried out by other scientists, such as Wilhelm Hallwachs (1859 -1922), but this phenomenon could not be explained by the undulating theory of light, dominant until that moment (Rodríguez & Cervantes, 2006).

In the 20th century one of the first to work on the photoelectric effect was a disciple of Hertz. The German scientist Philipp Lenard (1862 - 1947) studied the behavior of electrons within the photoelectric effect, in this research he found the relationship that existed between the kinetic energy of the particles and the frequency of the incident light. The kinetic energy gained by the particles after interaction with the radiation could be measured using an electric potential called the "braking potential". The discovery that the energy of the photoelectrons depended on the frequency of the radiation and not on the intensity of the radiation came as a surprise, since it was expected that the energy would depend on the intensity of the light and not on the frequency. On the other hand, when the light beam interacted with the photosensitive material, the electrons were released immediately, but from the classical point of view these results were an anomaly, since it was expected that the particles would take some time to leave the material (Rodríguez & Cervantes,2006), (Niaz et al.,2010).

Finally, Robert Andrews Millikan (1868 - 1953) proposed experiments that tried to show that Einstein's hypotheses were false, since he considered that the correct physical

theory of light was the wave theory. With these experiences, Millikan was able to establish the value of Planck's constant. The conclusion that the physical theory of energy quanta or photons formulated by Einstein was correct was very important, especially because it came directly from a detractor. Millikan was later awarded the Nobel Prize in Physics in 1923 for this work. (Rodríguez & Cervantes, 2006), (Niaz et al., 2010). Thus, the photoelectric effect was the first evidence that under certain circumstances light behaves as a particle and in others acts as a wave, this would be known as wave-particle duality of light, a fundamental idea of current "Quantum Mechanics".

4.10 The importance of historical travel

Perhaps this trip is presented as something capricious in the process of understanding the photoelectric effect, however, this route shows this discovery, not as an isolated event in the history of science, but as the consequence of a thought that has been developing since antiquity to the present day. It is even very important to note that the ideas of particle or wave for light have been around since the origins of Greek thought, however, it stands out as the two ideas were mutually exclusive all the way, only at the end of this long road, with the discovery of the photoelectric effect, it was conclusively concluded that these two natures of light do not exclude each other, but rather combine to account for a dual reality.

In short: "The legitimate, safe, and fruitful method of preparing a student to receive a physical hypothesis is the historical method. To trace the transformations through which the empirical matter accumulated while the theoretical form was first sketched; to describe the long collaboration through

which common sense and deductive logic analyzed this matter and modeled that form until one was exactly adapted to the other: that is the best way, surely even the only way, to give scholars of physics a correct understanding. and clear vision of the very complex and lively organization of this science" Galili, I. (2008).

5. The Photoelectric Effect

Thomson's experiments showed that metals contained electrons, but it was not known whether the electrons were free-roaming or bound to atoms. However, the mechanism of emission of the electrons due to the absorption of the incident electromagnetic radiation must include an interaction between the electromagnetic field of the electromagnetic wave and the electric charge of the electrons. In this model and in most basic models of the photoelectric effect, the interaction with the magnetic component of the electromagnetic field of the electromagnetic wave is omitted. The oscillating electric field of the electromagnetic wave acts on the electrically charged electrons, inducing an oscillation in the electrons with an amplitude proportional to the amplitude of the electric field, then (Eisberg, 2002).

$$\begin{aligned}
 \overline{\text{Average Kinetic Energy}} & \\
 & \propto \text{Oscillation Amplitude}^2 \\
 & \propto \text{Electric Field Amplitude}^2 \\
 & \propto \sqrt{\text{Luminous Intensity}^2} \\
 & (1)
 \end{aligned}$$

This conclusion, in the context of classical physics, was the biggest obstacle to accepting that the energy transferred to the electrons and transformed into the kinetic energy with which they are released from the surface of the material is independent of the

light intensity of the incident electromagnetic radiation.

Using classical physics, a correct estimate of the time required for electrons to absorb energy is of the order of $t = 6s$. This delay in the photoelectric effect experiments, was not observed. (Eisberg, 2002). In the year 1905, A. Einstein based entirely on Max Planck's postulate, proposed that the energy of a quantum

$$E = h\nu \quad (2)$$

It is completely absorbed by some electron on the photocathode. h is Planck's constant and ν is the frequency of electromagnetic radiation. If this energy is greater than the sum of the energy used by the electron to reach the surface of the material and the energy needed to overcome the contact potential, the electron can escape from the surface of the material (Einstein, 1905). In conclusion

$$E_{Max} = \frac{1}{2}mv^2 = h\nu - \phi_w \quad (3)$$

The kinetic energy with which the electrons escape from the surface is a linear function of the frequency of the electromagnetic radiation. Φ_w is the work function and is the work required to extract the electron from the material surface. (Portis, 1974). When the electrons are stopped at the photocathode surface, no electric current will be observed and consequently all the kinetic energy will have been transformed into electric potential energy and then

$$eV_b = h\nu - \phi_w \quad (4)$$

Then, a graph of the braked voltage as a function of the frequency of the electromagnetic radiation allows one to

determine a slope of the linear function that must be approximately

$$Slope \simeq \frac{h}{e} \quad (5)$$

a cutoff point in the codomain, approximately equal to the work function, which is a characteristic of each material, a cutoff point in the frequency domain, which is the threshold frequency, below this frequency there will be no photoemission.

The most relevant conclusions of the article by A. Einstein and that can be confronted in the experiment are (Portis, 1974)

1. The kinetic energy with which the photoelectrons are released from the surface of the material and which can be determined from the braked voltage necessary to completely interrupt the flow of photoelectrons from the cathode to the anode, is independent of the luminous intensity of the electromagnetic radiation, but it is a linear function of the frequency of electromagnetic radiation.
2. There is a threshold frequency of electromagnetic radiation below which photoemission of electrons does not occur. Equivalently, there is a wavelength associated with the threshold frequency above which electron photoemission does not occur. This frequency or wavelength is a characteristic of each material.
3. The saturation electronic photocurrent is directly proportional to the luminous intensity of the electromagnetic radiation.

6. The Experiment

The figure shows a basic scheme of a usual circuit to do an experiment similar to the one done by Robert Andrews Millikan to

observe the Photoelectric Effect. The electromagnetic radiation coming from a lamp passes through a filter whose color is associated with a frequency specified by the manufacturer of the filter, incident on the surface of the photocathode. The electrons on the photocathode surface absorb quanta of electromagnetic radiation, if the energy of the quanta is greater than the energy associated with the contact potential that has them bound to the material, the electrons will be released and due to the electric field associated with the potential difference between the photocathode and the anode, the electrons go to the anode completing the circuit.

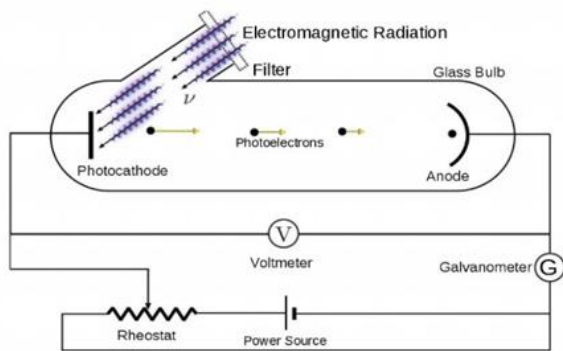


Figure 1. Scheme photoelectric effect experiment.
Credits: Julio Güémez, Manuel Fiolhais [10]

The center zero galvanometer will indicate the maximum conventionally positive electric current. The voltmeter will indicate the minimum voltage. Using the rheostat to increase the voltage, then the galvanometer will indicate a gradual decrease in electric current. When the electric current is zero, the voltage indicated by the voltmeter is a voltage that stops the electrons on the photocathode surface and is called the braked voltage. If you continue to vary the voltage, the current now flows in the opposite direction. The procedure was done using three filters whose frequencies are associated with the colors yellow, green and blue.

The frequency of the electromagnetic radiation associated with the yellow filter is

$\nu=5.19 \times 10^{14} \text{ Hz}$ and the data obtained is shown in the table that results from reading the file **YellowFilter.csv** (Portis, 1974), Julio (Güémez & Fiolhais, 2018), (Liu, 2007), (Ajzenber, 1967), (Garver, 2006).

```
In [ ]: print("frequency=5.19x1014 Hz wavelength=5780Å V-I")
import pandas as pd
YellowFilter = pd.read_csv('YellowFilter.csv')
YellowFilter.iloc[:16]

frequency=5.19x1014 Hz wavelength=5780Å V-I
```

Figure 2. Code

Table 1. Voltage and Electric Current (Yellow Filter)

```
out[ ]:
```

Yellow Filter Data V-I	
Voltage	Electric Current
-0.0	0.3
-0.1	0.2
-0.15	0.0
-0.2	-0.2
-0.3	-0.4
-0.4	-0.5
-0.5	-0.7
-0.6	-0.8
-0.7	-1.0
-0.8	-1.2

The frequency of the electromagnetic radiation associated with the green filter is $\nu=5.50 \times 10^{14} \text{ Hz}$ and the data obtained is shown in the table that results from reading the file **GreenFilter.csv**

```
In [ ]: print("frequency=5.5x1014 Hz wavelength=5460Å V-I")
import pandas as pd
GreenFilter = pd.read_csv('GreenFilter.csv')
GreenFilter.iloc[:16]

frequency=5.5x1014 Hz wavelength=5460Å V-I
```

Figure 3. Code

Fuente: Own.

Table 2. Voltage and Electric Current (Green Filter)

```
out[ ]:
```

Green Filter Data V-I	
Voltage	Electric Current
-0.05	0.6
-0.1	0.2
-0.18	0.0
-0.2	-0.2
-0.3	-0.5
-0.4	-0.8
-0.5	-1.1
-0.6	-1.3
-0.7	-1.5
-0.8	-1.7

The frequency of the electromagnetic radiation associated with the blue filter is $\nu=6.88 \times 10^{14} \text{ Hz}$ and the data obtained is shown in the table that results from reading the file **BlueFilter.csv**

```
In [ ]: print("frequency=6.88x1014 Hz wavelength=4360Å V-I")
import pandas as pd
BlueFilter = pd.read_csv('BlueFilter.csv')
BlueFilter.iloc[:16]

frequency=6.88x1014 Hz wavelength=4360Å V-I
```

Figure 4. Code

Table 2. Voltage and Electric Current (Blue Filter)

```
Out [ ]:
```

Blue Filter Data V-I	
Voltage	Electric Current
-0.1	3.1
-0.2	2.5
-0.3	1.8
-0.4	1.4
-0.5	0.8
-0.6	0.4
-0.7	0.2
-0.75	0.0
-0.8	-0.1
-0.9	-0.2

7. Analysis and Results.

It is necessary to construct the I–V characteristic curves for each filter. The data for the voltage V and the electric current I are contained in the row matrices x and y for each filter. Now we proceed to graph the data of the first table and to implement a polynomial fit of order 2 whose correlation factor is the closest to 1 and consequently is the best fit.

```
In [ ]: from numpy.ma.extras import corrcoef
import numpy as np
import matplotlib.pyplot as plt

x=[0.0,-0.1,-0.15,-0.2,-0.3,-0.4,-0.5,-0.6,-0.7,-0.8]
y=[0.3,0.2,0.0,-0.2,-0.4,-0.5,-0.7,-0.8,-1.0,-1.2]

plt.scatter(x,y,color="red")
plt.title("$I - V$ Characteristic - Yellow Filter - Photoelectric Effect")
plt.xlabel("$V$")
plt.ylabel("$I$")

linear_model=np.polyfit(x,y,2)
linear_model_fn=np.poly1d(linear_model)
x_s=np.arange(-1,0,0.001)
plt.plot(x_s,linear_model_fn(x_s),color="blue")
plt.grid()
plt.show()
uncertainty=np.var(linear_model)
print("- The Uncertainty = ",uncertainty)
correlation=np.corrcoef(x,y)
print("- The Correlation Coefficient = ", correlation)
print("- The Second Order Adjustment Coefficients are:")
print(linear_model)
```

Figure 5. Code

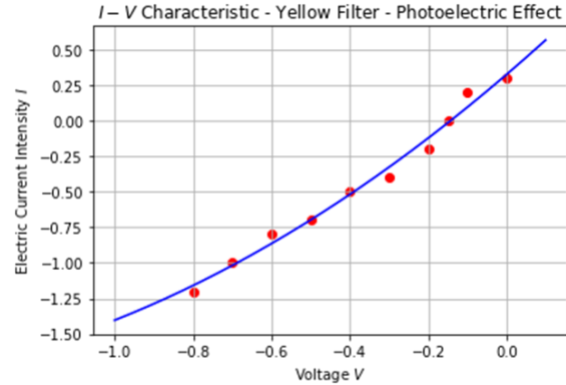


Figure 6. I - V Characteristic - Yellow Filter - Photoelectric Effect

Source: Own

The uncertainty of the polynomial fit model is also calculated. (Ayars E. [3]).

- The Uncertainty = 0.8050703013415932
- The Correlation Coefficient = $\Gamma = 0.9907772$
- The Second Order Adjustment Coefficients are: $[0.63653222 \ 2.3653732 \ 0.32573018]$

The correlation coefficient or correlation factor is $\Gamma=0.9907772$ then the data of voltage V and electric current I are highly correlated and consequently

$$0.63653222x^2 + 2.3653732x + 0.32573018 \quad (6)$$

now we compute the roots of the above

```
In [ ]: import cmath

a=float(input("Enter the Value of (a):\n"))
b=float(input("Enter the Value of (b):\n"))
c=float(input("Enter the Value of (c):\n"))

# calculate the discriminant
d = (b**2) - (4*a*c)

# find two solutions
sol1 = (-b+cmath.sqrt(d))/(2*a)
sol2 = (-b-cmath.sqrt(d))/(2*a)

print('The solution are {0} and {1}'.format(sol1,sol2))
```

Figure 7. Code

Enter the Value of (a): 0.63653222

Enter the Value of (b): 2.3653732
 Enter the Value of (c): 0.32573018

The solutions are (-
 3.5728023617266937+0j) and (-
 0.14322822663849524+0j)

The root located in the interval of the filter data whose frequency is $\nu=5.19 \times 10^{14} \text{Hz}$ is the braked voltage V_b associated with this frequency, then

$$\nu=5.19 \times 10^{14} \text{Hz}$$

and

$$V_b=0.14322822663849524 \text{V}$$

```
In [ ]: import numpy as np
import matplotlib.pyplot as plt

x=[-0.05,-0.1,-0.18,-0.2,-0.3,-0.4,-0.5,-0.6,-0.7,-0.8]
y=[0.6,0.2,0.0,-0.2,-0.5,-0.8,-1.1,-1.3,-1.5,-1.7]

plt.scatter(x,y,color="red")
plt.title("$I - V$ Characteristic - Green Filter - Photoelectric Effect")
plt.xlabel("$V$")
plt.ylabel("$I$")

linear_model=np.polyfit(x,y,2)
linear_model_fn=np.poly1d(linear_model)
x_s=np.arange(-1,0,0.001)
plt.plot(x_s,linear_model_fn(x_s),color="blue")
plt.grid()
plt.show()

uncertainty=np.var(linear_model)
print("- The Uncertainty =",uncertainty)
correlation=np.corrcoef(x,y)
print("- The Correlation Coefficient =", correlation)
print("- The Second Order Adjustment Coefficients are:")
print(linear_model)
```

Figure 8. Code

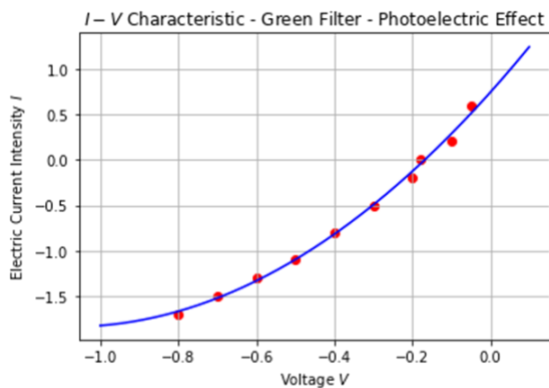


Figure 9. I - V Characteristic - Green Filter - Photoelectric Effect

Source: Own

- The Uncertainty =
 2.8056056045602316

- The Correlation Coefficient = $[[1.098618049] [0.98618049 1.]]$

- The Second Order Adjustment Coefficients are: $[2.23091971 4.80054491 0.74571517]$

The correlation coefficient or correlation factor is $\Gamma=0.98618049$ then the data of voltage V and electric current I are highly correlated and consequently

$$2.23091971x^2 + 4.80054491x + 0.74571517 \quad (7)$$

now we compute the roots of the above

```
In [ ]: import cmath

a=float(input("Enter the Value of (a):\n"))
b=float(input("Enter the Value of (b):\n"))
c=float(input("Enter the Value of (c):\n"))

# calculate the discriminant
d = (b**2) - (4*a*c)

# find two solutions
sol1 = (-b-cmath.sqrt(d))/(2*a)
sol2 = (-b+cmath.sqrt(d))/(2*a)

print('The solution are {0} and {1}'.format(sol1,sol2))
```

Figure 10. Code

Enter the Value of (a): 2.23091971
 Enter the Value of (b): 4.80054491
 Enter the Value of (c): 0.74571517
 The solutions are $(-1.9832827014603644+0j)$
 and $(-0.16854055263603726+0j)$

The root located in the interval of the filter data whose frequency is $\nu=5.50 \times 10^{14} \text{Hz}$ is the braked voltage V_b associated with this frequency, then

$$\nu=5.50 \times 10^{14} \text{Hz}$$

and

$$V_b=0.16854055263603726 \text{V}$$

```
In [ ]: import numpy as np
import matplotlib.pyplot as plt

x=[-0.1,-0.2,-0.3,-0.4,-0.5,-0.6,-0.7,-0.75,-0.8,-0.9]
y=[3.1,2.5,1.8,1.4,0.8,0.4,0.2,0.0,-0.1,-0.2]

plt.scatter(x,y,color="red")
plt.title("$I - V$ Characteristic - Blue Filter - Photoelectric Effect")
plt.xlabel("Voltage $V$")
plt.ylabel("Electric Current Intensity $I$")

linear_model=np.polyfit(x,y,2)
linear_model_fn=np.poly1d(linear_model)
x_s=np.arange(-1,0.1,0.001)
plt.plot(x_s,linear_model_fn(x_s),color="blue")
plt.grid()
plt.show()
uncertainty=np.var(linear_model)
print("- The Uncertainty = ",uncertainty)
correlation=np.corrcoef(x,y)
print("- The Correlation Coefficient = ", correlation)
print("- The Second Order Adjustment Coefficients are:")
print(linear_model)
```

Figure 11. Code

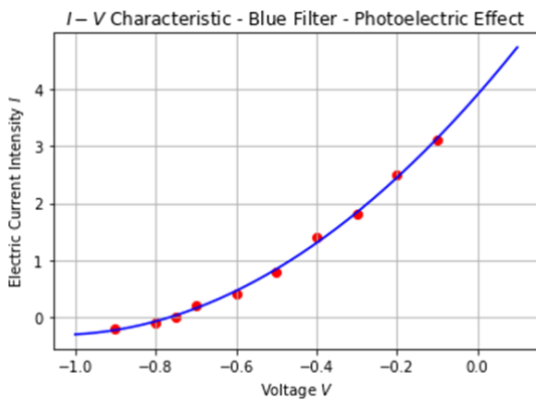


Figure 12. I - V Characteristic - Blue Filter - Photoelectric Effect

Source: Own

- The Uncertainty = 3.8766170196699092
- The Correlation Coefficient = [[1.098012779] [0.98012779 1.]]
- The Second Order Adjustment Coefficients are: [3.83495596 8.04662031 3.90579694]

The correlation coefficient or correlation factor is

$$\Gamma=0.98012779$$

then the data of voltage V and electric current I are highly correlated and consequently

$$3.83495596x^2 + 8.04662031x + 3.90579694 \quad (8)$$

now we compute the roots of the above equation

```
In [ ]: import cmath

a=float(input("Enter the Value of (a):\n"))
b=float(input("Enter the Value of (b):\n"))
c=float(input("Enter the Value of (c):\n"))

# calculate the discriminant
d = (b**2) - (4*a*c)

# find two solutions
sol1 = (-b-cmath.sqrt(d))/(2*a)
sol2 = (-b+cmath.sqrt(d))/(2*a)

print('The solution are {0} and {1}'.format(sol1,sol2))
```

Figure 13. Code

Enter the Value of (a): 3.83495596
 Enter the Value of (b): 8.04662031
 Enter the Value of (c): 3.90579694
 The solutions are (-1.3357682379668165+0j)
 and (-0.7624619357116316+0j)

The root located in the interval of the filter data whose frequency is $\nu=6.88 \times 10^{14} \text{Hz}$ is the braking voltage V_b associated with this frequency, then

$$\nu=6.88 \times 10^{14} \text{Hz}$$

and

$$V_b=0.7624619357116316V$$

The instrument box to carry out the photoelectric effect experiment, only contained three filters, so we have a minimum of data necessary to make the graphic of braking voltage V_b as a function of frequency ν to verify A. Einstein's explanation according to the following expression

$$V_0 = \frac{h}{e} \nu + \frac{\phi}{e} \quad (3)$$

Let us remember that h is Planck's constant, e is the charge of the electron and ϕ is the work function.

The matrix x contains the coefficients of the frequencies and the matrix

y the values obtained from the braking voltage. We plot and apply a linear fit to verify Einstein's equation for the photoelectric effect.

```
In [ ]: import numpy as np
import matplotlib.pyplot as plt

x=[5.19,5.5,6.88]
y=[0.14322822663849524,0.16854055263603726,0.7624619357116316]

plt.scatter(x,y,color="red")
plt.title("Photoelectric Effect")
plt.xlabel("Electromagnetic Radiation Frequency $f$ Hz")
plt.ylabel("Braking Voltage $V$")

linear_model=np.polyfit(x,y,1)
linear_model_fn=np.poly1d(linear_model)
x_s=np.arange(0,9)
plt.plot(x_s,linear_model_fn(x_s),color="blue")
plt.grid()
plt.show()
uncertainty=np.var(linear_model)
print("- The Uncertainty =",uncertainty)
correlation=np.corrcoef(x,y)
print("- The Correlation Coefficient =", correlation)
print("- Linear Fit")
print("- Slope and cutoff")
print(linear_model)
```

Figure 14. Code

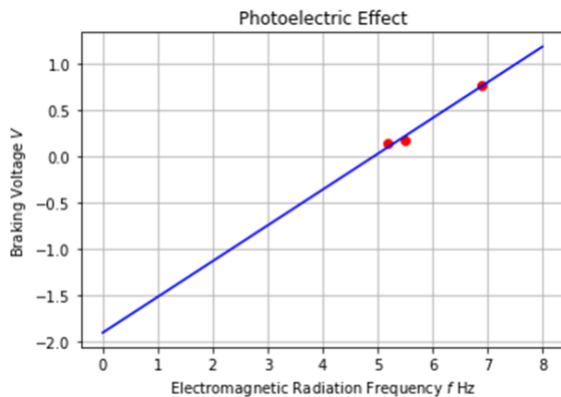


Figure 15. Relationship between stopping potential and incident frequency radiation

Fuente: Own.

- The Uncertainty = 1.308313113485414
- The Correlation Coefficient = [[1.099062702] [0.99062702 1.]]
- Linear Fit
- Slope and cutoff [0.3858591 -1.90177122]

Now we do control calculations to ensure that the results are in a range of high acceptance. $\Gamma=0.99062702$, implies that the braked voltage and frequency data are highly

correlated. Then the most probable slope that results from the linear fit is

$$\text{Slope} = \frac{h}{e} = 0.3858591 \frac{Js}{C} \quad (9)$$

Then

```
In [ ]: import scipy.constants as sc
h=0.3858591*sc.e/(10**(14))
print(h)
```

Figure 16. Code

6.182144340362694e-34

Planck's constant from observations of the photoelectric effect is

$$h = 6.182144340362694e^{-34} Js$$

The cutoff point is

$$\frac{\phi}{e} = -1.90177122 \frac{J}{s} \quad (10)$$

and to calculate the work function, we multiply by the charge of the electron and by the conversion factor to obtain the result in eV

$$-1.90177122 \frac{J}{C} 1.602 \times 10^{-19} C \frac{1eV}{1.602 \times 10^{-19} J} = -1.90177122 eV \quad (11)$$

then, the work function is

$$\phi = -1.90177122 eV$$

The student will have to complement the code and conceptually and mathematically document a deeper data analysis using error theory and statistics.

8. Conclusions.

The implementation of the educational model does allow to reduce the gap between scientific praxis and teaching activity in the classroom.

The science and teaching-learning connection is gradually increasing.

Students are dynamically induced to adopt the strategies and tactics of scientific work in the context of their training.

Students make visible the high value of history of science and programming at science, education, and work.

Acknowledgment.

We deeply thank the members of the GEHCYF History of Science and Physics Study Group, the Scientific Computing Group, of the Francisco Jose De Caldas District University

References.

- Ajzenber. F. (1967). *Melissinos, AC-Experiments in Modern Physics*. 1st Edition, Academic Press.
- Ayars, E. (2013). *Computational Physics with Python*. California State University. <https://www.academia.edu/download/45517350/comp-phys-python.pdf>
- Baume, L. (2021). *Breve introducción a Google Colab*. <http://fcaglp.unlp.edu.ar/~gbaume/grupo/Publicaciones/Apuntes/GoogleColab.pdf>
- De Aquino, F. (2014). *A New Approach on the Photoelectric Effect*. <https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-01092490/>
- Deaza, P. (2015) *Python Science*, UD Editorial, Compilación, paginas 79-85, Universidad

Distrital Francisco José De Caldas. Primer Simposio Internacional de Formación de Profesores Universitarios.

- Deaza, P. (2021) *Mediando Procesos Enseñanza Aprendizaje con Google Colaboratory*. Memorias, Universidad Distrital, Planestic VIRTUAL-UD.
- Einstein, A. (1905). *On a heuristic point of view concerning the production and transformation of light*. *Annalen der Physik*, 1-18.
- Eisberg, R. M., & Resnick, R. (1978). *Física cuántica*. Limusa.
- Eisenstaedt, J. (2015). *Antes de Einstein: relatividad, luz y gravitación*. Fondo de Cultura Económica.
- Gallardo, S. (2010, 8 marzo). *Historia de la luz: El primitivo deslumbramiento* (Capital Intelectual- Estación Ciencia) (Spanish Edition) (1.a ed.). CAPITAL INTELECTUAL.
- Galili, I. (2008). *History of Physics as a tool for teaching*. Connecting Research in Physics Education with Teacher Education, International Commission on Physics Education, available in: http://web.phys.ksu.edu/icpe/Publications/tea_ch2/index.html.
- García Castañeda, M., & Ewert De-Geus, J. (2003). *Introducción a la física moderna* (No. 539 G164i Ej. 1). Universidad Nacional De Colombia.
- Garver, W. P. (2006). *The photoelectric effect using LEDs as light sources*. *The physics teacher*, 44(5), 272-275.
- Granés S., J. G. (1988). *Newton y el empirismo: una exploración de las relaciones entre sus concepciones del conocimiento del mundo natural*. Universidad Nacional de Colombia.
- Guémez, J., & Fiolhais, M. (2018). *Relativistic description of the photoelectric effect*. *American Journal of Physics*, 86(11), 825-830. <https://doi.org/10.1119/1.5052359>

- Hertz, H. (1887). *Ueber einen Einfluss des ultravioletten Lichtes auf die elektrische Entladung*. *Annalen der Physik*, 267(8), 983-1000.
- Liu, L. (2007) *Determination of Planck's Constant Using the Photoelectric Effect*.
<http://web.mit.edu/lululiu/Public/pixx/not-pixx/photoelectric.pdf>
- Llandres, M. Y., Béjar, C. C., & Illera, M. B. (1996). *La luz a través de la historia (I). De los griegos a Newton. La luz a través de la historia (II). el siglo de las ondas. La luz a través de la historia (III). La dualidad onda corpúsculo*.
<https://www.youtube.com/watch?v=rgh6azo9Kel>.
- Millikan, R. A. (1916). *A direct photoelectric determination of Planck's "h"*. *Physical Review*, 7(3), 355.
- Niaz, M., Klassen, S., McMillan, B., & Metz, D. (2010). *Reconstruction of the history of the photoelectric effect and its implications for general physics textbooks*. *Science Education*, 94(5), 903-931.
- Portis, A. M. (1974). *Laboratorio del curso de física*. Berkeley. Reverte.
- Rodríguez-Meza, M. A., & Cervantes-Cota, Jorge L. (2006). *El efecto fotoeléctrico*. CIENCIA ergo-sum, Revista Científica Multidisciplinaria de Prospectiva, 13(3), 303-311. [fecha de Consulta 5 de octubre de 2022]. ISSN: 1405-0269.
- Rossum, G. V. (2009). *El tutorial de Python*. Recuperado de:
<http://docs.python.org.ar/tutorial/pdfs/TutorialPython2.pdf> .
- Sanz, O. M. D. L. F. (2019). *Google Colab: Python y Machine Learning en la nube*. *Adictos al trabajo*, 4.
- Trabulse, E. (2013). *La ciencia en el siglo XIX*. Fondo de Cultura Económica.



USO DE LOS SIMULADORES DE PHET Y TRACKER PARA EL ESTUDIO DE MOVIMIENTO OSCILATORIO

USE OF THE PHET AND TRACKER SIMULATORS FOR THE STUDY OF OSCILLATORY MOVEMENT

USO DOS SIMULADORES PHET E TRACKER PARA O ESTUDO DO MOVIMENTO OSCILATÓRIO

Gladys Patricia Abdel Rahim Garzón *, **Pablo Emilio Garzón Carreño ****

Abdel Rahim, G.P.; Garzón, P.E. (2023). Uso de los simuladores de Phet y Tracker para el estudio de movimiento oscilatorio. *Góndola, Enseñanza y Aprendizaje de las Ciencias*, Número especial, v18, pp.1-15.

Resumen

El objetivo de esta investigación es estudiar los movimientos oscilatorios con y sin fricción usando herramientas tecnológicas como los simuladores de física de PhET y mediante el programa analizador de videos Tracker. Se realizaron dos laboratorios presenciales y dos virtuales con el fin de estudiar la cinemática, dinámica y las energías del sistema oscilatorio con y sin fricción. La técnica consiste en realizar primero el video y analizarlo con Tracker. Con esta herramienta se obtienen las tablas, gráficas y ecuaciones que son comparadas con los textos de física. En esta experiencia se pudo evidenciar que estos dos softwares son muy compatibles ya que se puede obtener con gran exactitud las ecuaciones que se encuentran en los textos de física tradicionales.

Palabras-Clave: Métodos de enseñanza. Ciencia. Tecnología. Ciencia de la naturaleza.

Abstract

The objective of this research is to study oscillatory movements with and without friction using technological tools such as PhET physics simulators and the Tracker video analyzer program. Were made two virtual laboratories were carried out in order to study the kinematics, dynamics and energies of the oscillatory system with and without friction. The technique consists of first making the video and analyzing it with Tracker. With this tool, tables, graphs and equations are obtained that are compared with physics texts. In this experience it was possible to show that these two softwares are very compatible since the equations found in traditional physics texts can be obtained with great accuracy.

Keywords: Teaching methods. Science. Technology. Natural sciences.

* Doctor en Ingeniería, Universidad Nacional de Colombia, Colombia, garahimg@udistrital.edu.co, ORCID. <https://orcid.org/0000-0002-8620-7023>

** Magister en Administración de Empresas, Universidad Distrital Francisco José de Caldas, Colombia. pegarzonc@udistrital.edu.co – ORCID <https://orcid.org/0009-0003-5381-3814>

Resumo

O objetivo desta investigação é estudar os movimentos oscilatórios e sem fricção usando ferramentas tecnológicas como os simuladores de física de PhET e por meio do programa analisador de vídeos Tracker. Realize dois laboratórios presenciais e dois virtuais com o fim de estudar a cinemática, dinâmica e as energias do sistema oscilatório com e sem fricção. A técnica consiste em realizar primeiro o vídeo e analisá-lo com o Tracker. Com esta ferramenta se obtêm as tablas, gráficos e ecuaciones que são descubertos com os textos físicos. Nesta experiência pode-se evidenciar que estes dois softwares são muito compatíveis e que se pode obter com grande exatidão as ecuaciones que se encontram nos textos físicos tradicionales.

Palavras-Chave: Métodos de ensino. Ciência. Tecnologia. Ciências Naturais.

1. Introducción

Los estudiantes de ingeniería eléctrica de la Facultad Tecnológica de la Universidad Distrital Francisco José de Caldas, tienen dificultades en la adquisición de los conceptos del curso de física moderna debido a que dentro de su contenido programático no ven previamente el curso de vibraciones y ondas. En este último curso se estudia la cinemática, dinámica y energía cinética, energía potencial y energía mecánica total de partículas que tienen un movimiento oscilatorio en diferentes medios (sólido, líquido y gaseoso).

Por lo anterior es importante estudiar el movimiento armónico simple de muelles con masa, péndulos, tubos de órgano, circuitos eléctricos o electrones dentro de campos electromagnéticos para comprender que el movimiento armónico simple es, la respuesta de la naturaleza al estímulo sobre cualquier sistema en equilibrio estable.

Pero además es también muy interesante estudiar el Movimiento Armónico Amortiguado, debido a que se tienen en cuenta las fuerzas viscosas (las fuerzas disipativas) como la fricción; éstas fuerzas permiten que una vez entregada la energía al sistema, el sistema vuelve a entregar la energía al medio a través de la fricción, alguna de las aplicaciones del estudio de este movimiento radica en los sistemas de suspensión de los carros, de los puentes, debido a que un carro clásico tiene un resorte que le permite amortiguar los desniveles

(altos o bajos) de una carretera, en este caso se acumula una energía potencial elástica que posteriormente se disipa a través de un cilindro que contiene un material viscoso (ya sea líquidos o gaseosos) que proporciona la fuerza que va a disipar la energía acumulada en el resorte para que el carro logre de nuevo la estabilidad y no quede oscilado; lo mismo ocurre cuando se coloca un sistema de cilindro-resorte en un puente con alto grado de movilidad debido a que se construyen en terrenos que tiene una tendencia sísmica alta, o donde hay mucho flujo vehicular, o mucha autoexcitación aerodinámica debido al viento, etc. Entonces la idea es que la energía acumulada en el resorte se disipe a través de un gas o líquido viscoso.

Entre otras aplicaciones del movimiento amortiguado esta un circuito RLC, el movimiento de la carga eléctrica almacenada en condensador, el movimiento que realiza las moléculas en una red cristalina, etc.

De acuerdo con Abdel, 2021, 2022; Escalante, Laguna, Gomez, Calderon, Cruz, Verguez, Anzelmetti, 2016, donde usan las TIC en el proceso enseñanza-aprendizaje de la física con estudiantes de ciencias e ingeniería e indican las grandes bondades que tienen estas prácticas debido a que se usan para no solo obtener valores de algunas variables, sino que les permite comparar las ecuaciones obtenidas experimentalmente con las dadas en los textos de física. Las herramientas TIC

más usadas en estas investigaciones son: Phet, Tracker, GeoGebra, Desmos o Matlab.

Por lo anterior, se presentan cuatro propuestas de laboratorio oscilatorio las cuales son: dos del sistema masa – muelles con y sin fricción y dos el del péndulo con y sin fricción. Donde se usan Physics Tracker y Simulación de PhET, Interactive Simulations, University of Colorado Boulder, bajo licencia CC- BY-4.0 [CC-BY-4.0](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/) para determinar algunas magnitudes física como: el periodo, la frecuencia, la velocidad angular (para cada oscilador), las ecuaciones de movimiento, las energía cinética, energía potencial, energía elástica y energía mecánica. Donde a partir de estos datos se obtuvo otros como la constante elástica y el coeficiente de amortiguamiento.

2. Fundamentos Teóricos

El estudio del movimiento oscilatorio simple o amortiguado es muy importante debido a que es la respuesta de la naturaleza al estímulo sobre cualquier sistema en equilibrio estable. Cuando un cuerpo en equilibrio estable se mueve, se produce una fuerza neta que lo empuje de nuevo hacia donde estaba generándose un movimiento oscilatorio como los sistemas: masa-muelle y cuerda -masa. Por lo tanto, en esta sección se estudiará la cinemática y dinámica de los sistemas oscilatorios, con y sin fricción (ABDEL, 2015, p.1, SERWAY, 2019, p.365).

2.1. Movimiento Armónico Simple (M.A.S.). Sistema masa – muelle

Si se ubica un sistema muelle-masa en posición vertical éste oscilará alrededor de su posición de equilibrio. En una determinada posición todas las fuerzas que actúan sobre la masa están equilibradas. Sin embargo, cuando el muelle está estirado tiende a tirar de la masa hacia su posición original, cuanto más se desplace la masa mayor será la fuerza neta, el mismo principio funciona a la inversa cuando el muelle este comprimido trata de

empujar la masa hacia su posición original. Por lo tanto, cualquiera que se la dirección en que se mueva la fuerza neta se opone al desplazamiento. En cada punto de su movimiento la fuerza neta es proporcional y de dirección opuesta a la distancia desde la posición de equilibrio a la masa, la ecuación es:

$$F_e = -ky \quad (1)$$

Donde el valor de la constante elástica k depende de la rigidez del muelle. Por la segunda ley de Newton se tiene que:

$$F_{neta} = m \frac{d^2y}{dt^2} \quad (2)$$

Igualando las ecuaciones (1) y (2) se obtiene:

$$-k(\Delta y) = m \frac{d^2y}{dt^2} \quad (3)$$

que corresponde a una ecuación diferencial de segundo del M.A.S.

$$\frac{d^2y}{dt^2} + \frac{k}{m}y = 0 \quad (4)$$

La ecuación (4), se refiere no solo a una ecuación diferencial del sistema masa–muelle, sino a cualquier sistema físico, que al ser perturbado tiende a recuperar su posición de equilibrio con una fuerza proporcional a la perturbación sufrida. Por ejemplo, la presión del aire en un tubo, el péndulo, la flexión de una cuerda de una guitarra, la rotación de un disco duro o átomos en un retículo cristalino.

Donde, la solución a esta ecuación diferencial, es:

$$y(t) = A \sin(\omega t + \varphi) \quad (5)$$

Al comprobar que la ecuación (5) es una solución de la ecuación diferencial del segundo orden en (4), se obtiene la frecuencia natural de oscilación del resorte, así:

$$(6)$$

$$\omega^2 = \frac{k}{m}$$

Cuanto más rígido será el muelle mayor será la frecuencia natural de oscilación y cuanto mayor sea la masa menor será la frecuencia natural de oscilación. Pero sea cual sea la frecuencia esta dependerá de las propiedades mecánicas del sistema tales como la masa y la constante elástica del muelle.

El tiempo requerido para realizar un ciclo completo, no depende de la amplitud de las oscilaciones representada por A en la ecuación (5).

Las ecuaciones de velocidad y aceleración con respecto al tiempo son respectivamente:

$$v(t) = A\omega \cos(\omega t + \varphi) \quad (7)$$

$$a(t) = -A\omega^2 \sin(\omega t + \varphi) \quad (8)$$

En las oscilaciones del M.A.S, mantienen constante su periodo ($T = \frac{t}{n}$) y la frecuencia natural oscilación ($\omega = \frac{2\pi}{T} = 2\pi f$), indicando que una oscilación la realiza en 2π .

2.2. Movimiento Armónico Simple (M.A.S.). Péndulo

La Figura 1 muestra un péndulo simple y la fuerza neta que actúa sobre la masa mientras ésta se desplaza, así:

$$F_{neta} = -mg \sin\theta \quad (9)$$

Donde m es la masa, g la gravedad y θ es el ángulo medido entre la posición de equilibrio y el punto más alto de la trayectoria. De acuerdo a la ecuación (2) se tiene que

$$-mg \sin\theta = m \frac{d^2S}{dt^2} \quad (10)$$

donde, $dS = Ld\theta$, por lo tanto:

$$(11) \quad [4]$$

$$\frac{d^2\theta(t)}{dt^2} + \frac{g}{L}\theta(t) = 0$$

La solución de la ecuación (11), es:

$$\theta(t) = A\cos(\omega t + \varphi) + B\sin(\omega t + \varphi) \quad (12)$$

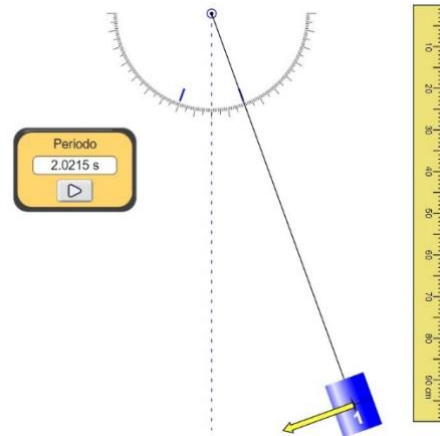


Figura 1. "Lab de Péndulo".

Fuente: Simulación de PhET.

Donde para el péndulo simple, la amplitud es: $A = \theta_0$ y $B = \frac{w_0}{\omega}$, así:

$$\theta(t) = \theta_0 \cos(\omega t + \varphi) + \frac{w_0}{\omega} \sin(\omega t + \varphi) \quad (13)$$

Tradicionalmente, el péndulo se separa de la posición de equilibrio y se suelta indicando que la velocidad angular inicial es cero ($w_i = 0$) y la ecuación de movimiento sería solo el primer término de la ecuación (13).

$$\theta(t) = \theta_0 \cos(\omega t + \varphi) \quad (14)$$

Al comprobar si la ecuación (14) es una solución de la ecuación (11), se obtiene la frecuencia natural de oscilación del sistema

$$\omega^2 = \frac{g}{L} \quad (15)$$

2.3. Oscilaciones amortiguadas (masa – Muelle)

En sistemas reales, las fuerzas disipativas como la fricción están presentes en la vida cotidiana y retardan el movimiento en consecuencia la energía mecánica disminuye en el tiempo y se dice que el movimiento es amortiguado (ABDEL, 2015, p. 48; SERWAY, 1996, p.378).

La Figura 4 muestra el montaje experimental casero realizado por este trabajo para el estudio del movimiento amortiguado del sistema masa-muelle.

Al mover la masa de su posición de equilibrio después de un tiempo corto esta se detiene, debido a la fuerza viscosa (que en este caso el aire) que disipa la energía que se acumula en el resorte.

La fuerza viscosa ($R = -bv$) es proporcional a la velocidad y el signo menos indica que la fuerza se opone a la velocidad que lleva la masa y b es la constante de amortiguamiento que, de varios factores como la viscosidad, o el cambio de presión o el cambio de la temperatura del medio, de estos cambios depende que el sistema se vuelva más o menos viscoso. Otra de las fuerzas que actúa sobre la masa en movimiento es la fuerza restauradora (Ley de Hooke) del sistema que es $F_e = -ky$. Luego la fuerza neta que actúa sobre la masa es igual a la fuerza de Hooke más la fuerza viscosa y de acuerdo a la segunda ley de Newton, se tiene que:

$$-ky - bv = ma$$

Escribiendo la ecuación (16) en forma diferencial, así:

$$\frac{d^2y}{dt^2} + \frac{b}{m} \frac{dy}{dt} + \frac{k}{m} y = 0 \quad (17)$$

En la ecuación (16) se observan cinco diferentes parámetros, pero si definimos la frecuencia de oscilación natural del resorte ($w_0^2 = \frac{k}{m}$) y el factor

de amortiguamiento ($\gamma = \frac{b}{2m}$) la ecuación (17) queda:

$$\frac{d^2y}{dt^2} + 2\gamma \frac{dy}{dt} + w_0^2 y = 0$$

Por lo que la proporción de w_0^2 y γ no varía en el proceso ósea se mantienen constantes. Es importante notar que γ no tiene ninguna justificación física solo se introduce dentro de la ecuación diferencial (17) para que a la hora de ser resuelta sea más sencilla. Esta ecuación es útil para definir vocabulario, no para resolver. Por lo que usamos la siguiente ecuación auxiliar, así:

$$r^2 + 2\gamma r + w_0^2 = 0 \quad (19)$$

Donde,

$$r = \frac{-2\gamma \pm \sqrt{(2\gamma)^2 - 4(1)(w_0^2)}}{2} = \frac{-2\gamma \pm \sqrt{4\gamma^2 - 4w_0^2}}{2}$$

Las raíces de la ecuación (19) son:

$$r = -\gamma \pm \sqrt{\gamma^2 - w_0^2} \quad (20)$$

Donde la ecuación que soluciona la ecuación (18) es:

$$y(t) = e^{-\gamma t} [A_1 e^{r_1 t} + A_2 e^{r_2 t}] \quad (21)$$

Donde A_1 y A_2 son constantes que dependen de las condiciones iniciales. Analizando la ecuación (21) para tres casos, los cuales depende de lo que esta dentro de la raíz cuadrada de la ecuación (20). Así, el movimiento sobre amortiguado $\gamma^2 > w_0^2$ donde el sistema se amortigua muy rápidamente, el movimiento críticamente amortiguado donde $\gamma^2 = w_0^2$ donde el sistema deja de oscilar y el movimiento sub amortiguado $\gamma^2 < w_0^2$ donde el sistema realiza varias oscilaciones antes de detenerse.

De acuerdo a las gráficas obtenidas en los experimentos se consideró que era un movimiento sub amortiguado debido a que la viscosidad del aire es más baja que la frecuencia de oscilación natural del resorte.

Como $\gamma^2 < w_0^2$ y de acuerdo a la ecuación (20) se tiene que $\sqrt{(-1)(w_0^2 - \gamma^2)}$ y sustituyendo en la ecuación (21), se obtiene:

$$y(t) = e^{-\gamma t} \left[A_1 e^{\left(\sqrt{(-1)(w_0^2 - \gamma^2)}\right)t} + A_2 e^{\left(-\sqrt{(-1)(w_0^2 - \gamma^2)}\right)t} \right] \quad (22)$$

Sustituyendo $i = \sqrt{-1}$ en la ecuación (22) así:

$$y(t) = e^{-\gamma t} \left[A_1 e^{i\sqrt{(w_0^2 - \gamma^2)}t} + A_2 e^{-i\sqrt{(w_0^2 - \gamma^2)}t} \right] \quad (23)$$

Sustituyendo $w^* = \sqrt{w_0^2 - \gamma^2}$ en la ecuación (23), se tiene:

$$y(t) = e^{-\gamma t} [A_1 e^{iw^*t} + A_2 e^{-iw^*t}] \quad (24)$$

Dependiendo de las condiciones iniciales A_1 y A_2 se define la ecuación (24), como:

$$y(t) = A_0 e^{-\gamma t} \text{sen}(w^*t + \varphi) \quad (25)$$

Donde φ la constante de fase inicial. Derivando (25) con respecto al tiempo, se obtiene:

$$v(t) = A_0 e^{-\gamma t} [-\gamma \text{sen}(w^*t + \varphi) + w^* \text{cos}(w^*t + \varphi)] \quad (26)$$

Cuando el amortiguamiento es muy débil se tiene que si $w^* = \sqrt{w_0^2 - \gamma^2}$ con $\gamma^2 \ll w_0^2$ por lo que $w^{2*} \approx w_0^2$. Por lo que se puede definir un cuasi

periodo $(T = \frac{2\pi}{w^*})$ cuando el amortiguamiento es muy débil.

3. Montajes Experimentales

En esta sección se describe los montajes experimentales realizados. La Figura 2, muestra el simulador cuerda -masa titulado "Lab del Péndulo" de Simulación de PhET, Interactive (18) ions, University of Colorado Boulder, bajo lic :- BY-4.0 [CC-BY-4.0](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/) y la Figura 3 muestra el experimento casero masa-muelle. El primer experimento se grabó con el computador y el segundo con un celular común. Es necesario hacer lo videos ya que Tracker es un analizador videos que permite construir modelos dinámicos en el ambiente Java, creado en el marco del proyecto Open Source Physics (OSP).

Las Figuras 2 y 3 muestran el montaje experimental que hay que tener presente para usar Tracker, las cuales son:

1. Plano cartesiano: Nos permitirá ubicar la trayectoria de la partícula.
2. Vara de calibración: que consiste en colocar una regla, esto permite que el programa de simulación tome una medida estándar y a partir de esa medida puede derivar la escala a la cual se está realizando el experimento.
3. Tabla de datos: la tabla sintetiza los datos de la trayectoria.
4. Graficas: una vez obtenida la trayectoria total de la partícula, el programa puede hacer las gráficas y se pueden cambiar las variables en los ejes.

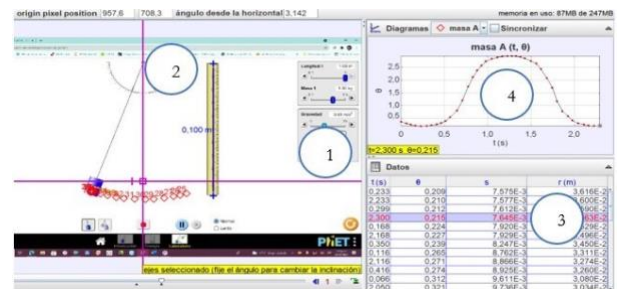


Figura 2. Lab de Péndulo.

Fuente: Simulación de PhET.

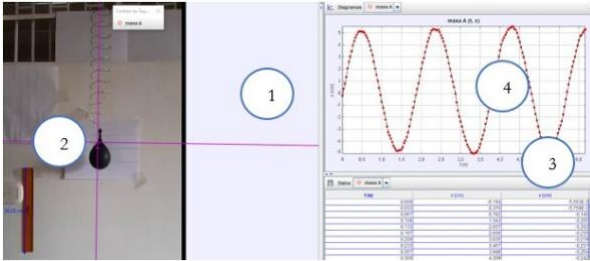


Figura 3. Montaje del sistema masa – Muelle. Fuente: Los Autores.

4. Resultados del Sistema masa-muelle

4.1. Cinemática de un M.A.S. (Sistema masa-muelle)

La Figura 4 muestra el montaje experimental casero del sistema masa-muelle. Se observa una regla y una hoja de papel que contiene tres líneas horizontales que corresponde a la guía que permite limitar el desplazamiento vertical de la masa.



Figura 4. Montaje del sistema masa – Muelle.

Fuente: Los Autores.

La Tabla 1 muestra los datos del periodo, la frecuencia y la frecuencia angular; datos extraídos del Tracker.

Tabla 1. Datos extraídos del programa Tracker.

Datos tomados del Tracker		
Periodo	$T = \frac{t}{n}$	1,9 s
Frecuencia	$f = \frac{1}{T}$	0,52 Hz
Frecuencia angular	$w = 2\pi f$	3,30 $\frac{rad}{s}$

Fuente: Los Autores.

La Figura 5 muestra las Figuras de posición vertical, la velocidad trasversal y aceleración trasversal en función del tiempo.

$$y(t) = 0,049\text{sen}(3,33t - 0,013) [\text{m}] \quad (27)$$

$$v_y(t) = 0,163\text{cos}(3,33t - 0,013) \left[\frac{\text{m}}{\text{s}}\right] \quad (28)$$

$$a_y(t) = -0,54\text{sen}(3,33t - 0,005) \left[\frac{\text{m}}{\text{s}^2}\right] \quad (29)$$

Donde, la amplitud, la velocidad máxima y la aceleración, son: $A = 0,049 \text{ m}$, $v_{m\acute{a}x} = \pm 0,163 \frac{\text{m}}{\text{s}}$ y $a_{m\acute{a}x} = \pm 0,54 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$, respectivamente. Además, en las gráficas se puede apreciar que mientras la posición y la aceleración es un valor máximo, la velocidad es cero y viceversa.

Con las ecuaciones de movimiento se obtiene la frecuencia natural de oscilación $w = 3,33 \frac{\text{rad}}{\text{s}}$ y la ecuación (6) se obtiene la constante elástica, así:

$$k = 0,25 \text{ kg} \left(3,33 \frac{\text{rad}}{\text{s}}\right)^2 = 2,77 \frac{\text{N}}{\text{m}}$$

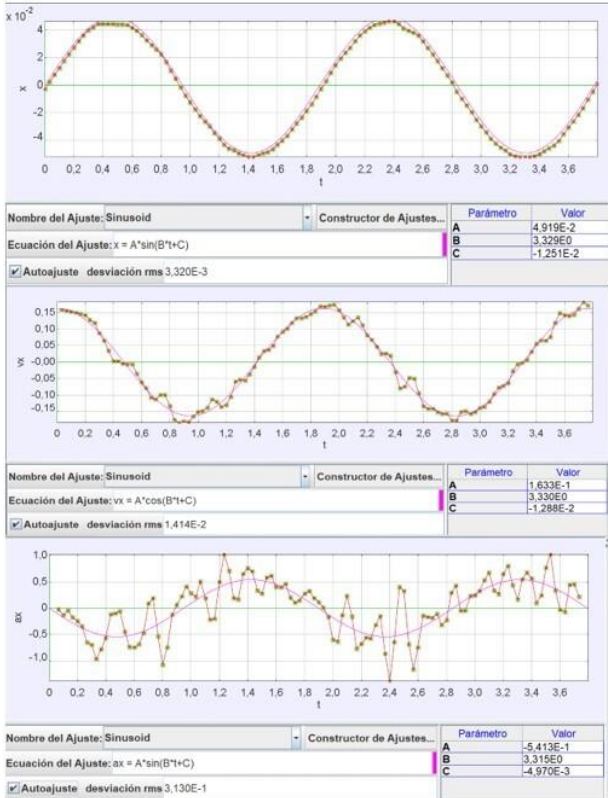


Figura 5. Gráficas de posición, velocidad, y aceleración transversal como funciones del tiempo del sistema masa – Muelle.

Fuente: Los Autores.

Si la velocidad angular es $\omega = 3,33 \frac{\text{rad}}{\text{s}}$ se obtiene la frecuencia con que oscila el sistema, así:

$$f = \frac{3,33 \frac{\text{rad}}{\text{s}}}{6,28 \text{ rad}} = 0,53 \text{ Hz}$$

4.2. Energía total del M.A.S. (Sistema masa-muelle)

Para determinar la energía total del sistema de debe calcular la energía cinética, la energía potencial gravitacional y la energía potencial elástica.

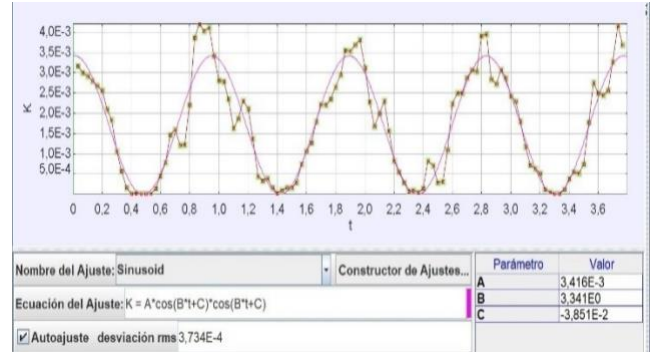


Figura 6. Energía cinética en función del tiempo. Fuente: Los Autores.

La energía cinética del sistema se puede obtener de dos formas. La primera usando la ecuación $K(t) = \frac{1}{2}mv^2$ y sustituyendo la ecuación (28), se obtiene:

$$K(t) = \frac{1}{2}m[0,163\cos(3,33t - 0,013)]^2 \quad (30)$$

Por lo tanto, la energía cinética, es:

$$K(t) = \frac{1}{2}m(0,026\cos^2(3,33t - 0,013)) \quad (31)$$

La segunda forma de obtener $K(t)$ es realizar la gráfica de $K(t)$ vs t y realizar el ajuste como se muestra en la Figura 6, la cual es:

$$K(t) = (3,416 \times 10^{-3})\cos^2(3,34t - 0,038) \quad (32)$$

Donde la energía cinética máxima es: $K_{max} = 3,416 \times 10^{-3}$ [J] cuando $\cos^2(3,33t - 0,038) \approx 1$.

Tomando la amplitud de la ecuación (27) junto con la definición de energía cinética máxima ($K_{max} = \frac{kA^2}{2}$) se obtiene la constante elástica del resorte, así:

$$k = \frac{2K_{max}}{A^2} \quad (33)$$

Sustituyendo los valores, obtenemos:

$$k = \frac{2 \left(3,416 \times 10^{-3} \text{ kg} \frac{\text{m}^2}{\text{s}^2} \right)}{(0,049 \text{ m})^2} = 2,84 \frac{\text{kg}}{\text{s}^2}$$

La energía potencial es almacenada en el resorte se determina a partir del trabajo hecho por el sistema contra la fuerza restauradora.

$$W = \int_{x_0}^x kx \, dx = \frac{1}{2}kx^2 - \frac{1}{2}kx_0^2 \quad (34)$$

De aquí la energía potencial se define como:

$$E_p(t) = \frac{1}{2}kx^2 \quad (35)$$

Sustituyendo la ecuación (27) en la ecuación (35), obtenemos:

$$E_p(t) = \frac{1}{2}k[0,049\text{sen}(3,33t - 0,012)]^2 [J] \quad (36)$$

$$E_p(t) = \frac{1}{2}k(2,4 \times 10^{-3}\text{sen}^2(3,33t - 0,012)) [J]$$

La constante obtenida usando el software es: $k = 2,77 \frac{N}{m}$ por lo tanto la energía potencial es:

$$E_p(t) = (3,3 \times 10^{-3})\text{sen}^2(3,33t - 0,013) [J] \quad (37)$$

La energía total se obtiene sumando las ecuaciones (32) y (37), así si la energía mecánica es: $E_M = K + E_p$, por lo tanto:

$$E_M(t) = [(3,416 \times 10^{-3})\text{cos}^2(3,33t - 0,038) + (3,3 \times 10^{-3})\text{sen}^2(3,33t - 0,013)] [J]$$

La Figura 7 muestra la energía cinética y potencial elástica en función del tiempo. Donde el valor máximo de estas energías es: $\sim 0,0031 J$. Por definición la energía mecánica del sistema masa-muelle se tiene que:

$$E_M = \frac{kA^2}{2} \quad (38)$$

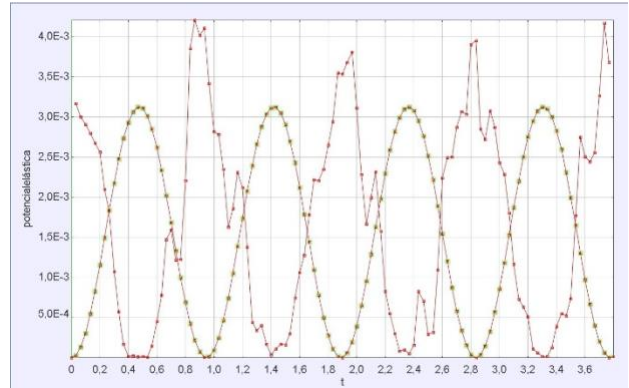


Figura 7. Gráficas energía cinética y potencial elástica en función del tiempo del sistema masa – muelle. Fuente: Los Autores.

Tomando la amplitud de la ecuación (27) y el valor de la constante elástica calculado con el software se obtiene:

$$E_M = \frac{kA^2}{2} = \frac{2,77 \frac{kg}{s^2} (0,048m)^2}{2}$$

$$E_M = 3,3 \times 10^{-3} [J]$$

Valor muy similar a los valores máximos de las ecuaciones (32) y (35).

La Figura 8 se muestran dos parábolas una cóncava hacia arriba que corresponde a la energía potencial elástica y otra cóncava hacia abajo que corresponde a la energía cinética. Es una imagen típica de muchos textos de física (SERWAY, 2019, p.221).

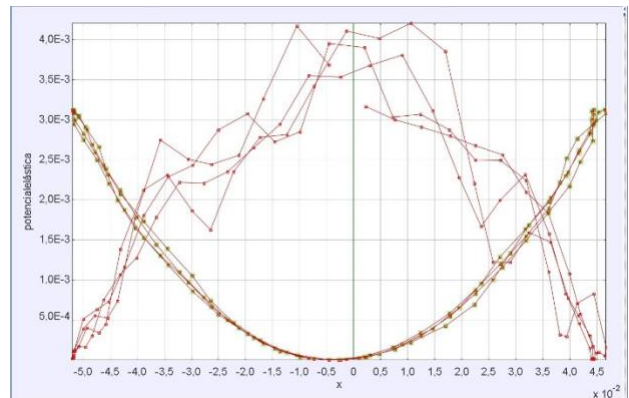


Figura 8. Gráficas energía cinética (cóncava hacia abajo) y potencial elástico en función de la posición (cóncava hacia arriba).

hacia arriba) del sistema masa–muelle. **Fuente:** Los Autores.

El ajuste de estas gráficas de la Figura 8 son respectivamente:

$$E_p(x) = 1,30x^2 + 0,0082x[J] \quad (39)$$

$$K(x) = -1,440x^2 - 0,0083x + 0,0034[J] \quad (40)$$

Además, se puede apreciar que en el punto $x = 0,0024$ m toda la energía es cinética es $K = 0,0041$ J, en los puntos $x = 0,04$ m y $x = 0,036$ m la energía cinética es igual a la energía potencial ($E_p = K = 0,00179$ J) y en los puntos $x = -0,052$ m y $x = 0,046$ m toda la energía potencial elástica es $E_p = 0,0046$ J.

4.3. Cinemática de un oscilador amortiguado (Sistema masa-muelle)

La Figura 4 muestra el montaje experimental del sistema masa–muelle usado para hacer el video. Los datos se muestran en la Tabla 2.

Tabla 2. Datos que se pueden extraer del programa Tracker.

Datos tomados del Tracker		
Periodo	$T = \frac{t}{n}$	0,699 s
Frecuencia	$f = \frac{1}{T}$	1,43 Hz
Frecuencia angular	$w = 2\pi f$	8,97 $\frac{\text{rad}}{\text{s}}$

Fuente: Los Autores.

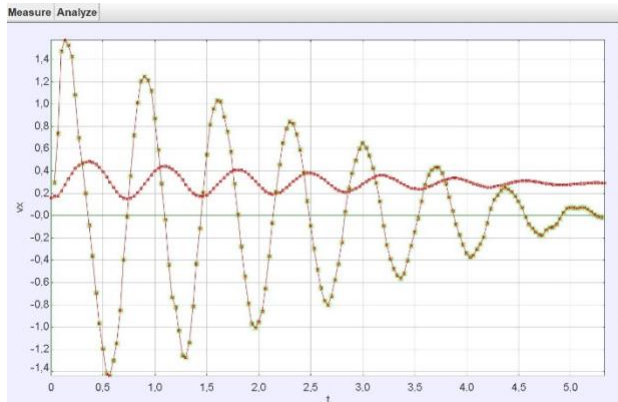


Figura 9. Amortiguamiento subcrítico de posición (amplitud menor) y velocidad (amplitud mayor) vs tiempo.

Fuente: Los Autores.

La figura 9 muestra la posición y la velocidad en función del tiempo del amortiguamiento subcrítico, la cual se puede apreciar que ambas funciones decrecen exponencialmente al transcurrir el tiempo. La Figura 10 muestra los valores máximos de las amplitudes de la posición en función del tiempo.

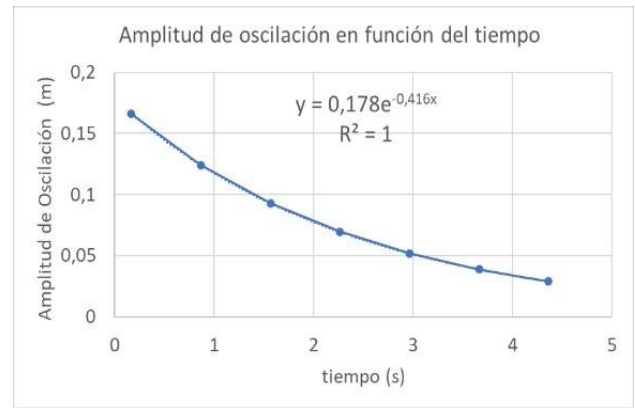


Figura 10. Gráfica de la amplitud de oscilación subcrítico vs. tiempo. **Fuente:** Los Autores.

La gráfica de la Figura 10 se ajusta a una ecuación exponencial, así:

$$A(t) = 0,1786 e^{-0,416t} [J] \quad (41)$$

Esta ecuación corresponde a la primera función de la ecuación (25), donde se deduce que la amplitud inicial es $A_0 = 0,178$ m y el factor de amortiguamiento es $\gamma = 0,416 \frac{\text{rad}}{\text{s}}$ de donde $\gamma^2 < w_0^2$, osea $0,17 < 80,46$. Por lo tanto se concluye que éste es un oscilador sub-amortiguado. Donde la frecuencia angular de la oscilación amortiguada es:

$$w^* = \sqrt{\left(8,97 \frac{\text{rad}}{\text{s}}\right)^2 - \left(0,416 \frac{\text{rad}}{\text{s}}\right)^2}$$

$$w^* = \sqrt{80,46 \frac{\text{rad}^2}{\text{s}^2} - 0,17 \frac{\text{rad}^2}{\text{s}^2}}$$

$$w^* = 8,96 \frac{\text{rad}}{\text{s}}$$

De acuerdo a las ecuaciones (25) se tiene que la posición y velocidad trasversal en función del tiempo es:

$$y(t) = 0,1786e^{-0,416t} \text{sen}(8,96t) [\text{m}] \quad (42)$$

$$v(t) = 0,1786e^{-0,416t} [-0,416\text{sen}(8,96t) + 8,96\text{cos}(8,96t)] \left[\frac{\text{m}}{\text{s}} \right] \quad (43)$$

4.4. Energía total de un oscilador amortiguado (Sistema masa-muelle)

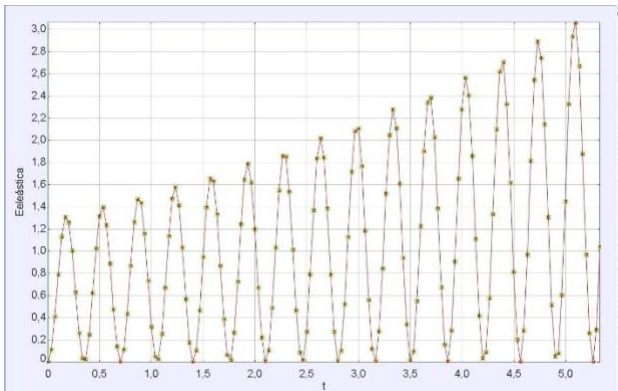


Figura 11. Gráficas de la energía potencial elástica vs. tiempo.

Fuente: Los Autores.

La Figura 11 muestra la energía potencial elástica en función del tiempo. Donde la frecuencia natural del resorte es $\omega = 8,97 \frac{\text{rad}}{\text{s}}$ y se determina la constante elástica del resorte, así:

$$k = \omega^2 m = \left(8,97 \frac{\text{rad}}{\text{s}} \right)^2 (1 \text{ kg}) = 80,46 \frac{\text{kg}}{\text{s}^2}$$

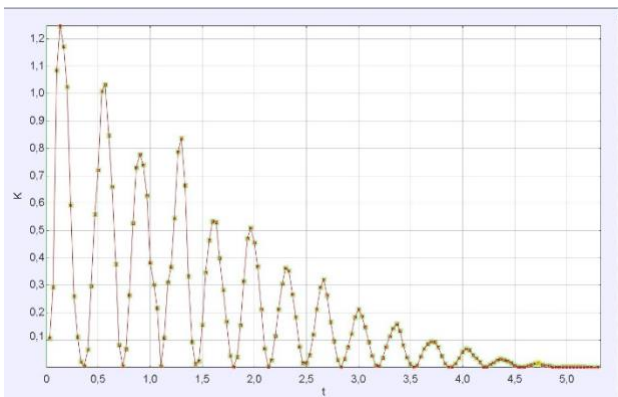


Figura 12. Gráficas de la energía potencial elástica vs. tiempo.

Fuente: Los Autores.

Por definición, la energía potencial elástica es:

$$E_p(t) = \frac{ky^2}{2}, \text{ sustituyendo valores, obtenemos:}$$

$$E_p(t) = \frac{80,46}{2} (0,1786e^{-0,416t} \text{sen}(8,96t))^2 [J]$$

$$E_p(t) = 1,28 e^{0,173t} \text{sen}^2(8,96t) [J] \quad (44)$$

En la Figura 12 se observa la energía cinética en función del tiempo donde muestra, que la amplitud de la energía disminuye a medida que aumenta el tiempo.

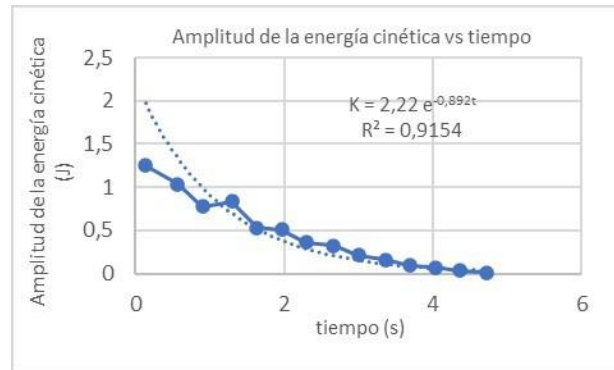


Figura 13. Gráfica de la amplitud de la energía cinética vs. tiempo.

Fuente: Los Autores.



Figura 14. Gráfica de la amplitud de la energía cinética vs. tiempo.

Fuente: Los Autores.

La Figura 13 muestra la gráfica de los máximos valores de la energía cinética en función del tiempo donde el ajuste correspondiente es:

$$(45)$$

$$K(t) = 2,22e^{-0,892t}$$

La Figura 14 muestra la energía mecánica en función del tiempo ($E_M = K + E_{elástica}$), cuya ecuación obtenida con el simulador es:

$$E_M(t) = 2,47\cos^2(8,96t + 1,5)[J] \quad (46)$$

La Figura 15 se observa los valores máximos de las amplitudes de la energía mecánica (que se tomaron de la figura 14) en función del tiempo.

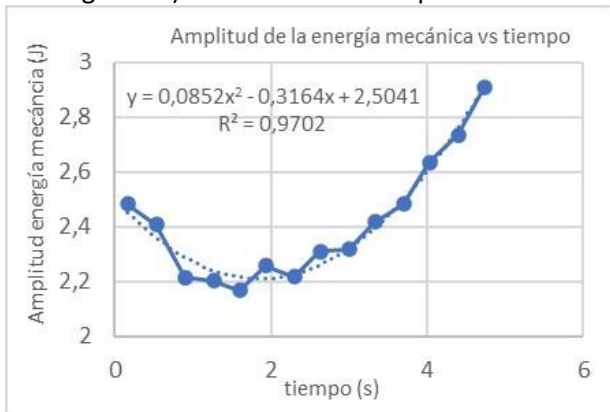


Figura 15. Amplitud de la energía mecánica vs. tiempo
Fuente: Los Autores.

5. Resultados del péndulo

5.1. Cinemática (Sistema masa-cuerda)

Se usó el laboratorio virtual de la página de Phet colorado titulado "Lab de péndulo". En este laboratorio, se realizó la experiencia con una longitud del péndulo de $L = 1\text{m}$ y junto a él se colocó, una regla de 10 cm, para calibrar la imagen en la pantalla. Seguidamente se obtuvo la lectura de las imágenes con Tracker. Finalmente se lograron extraer las gráficas y ecuaciones de la posición, velocidad y aceleración angular como funciones del tiempo, como se indican en la Figura 16. Donde los ajustes de las gráficas, son:

$$\theta_r(t) = [0,26\text{sen}(3,13t - 6,21)]\text{rad} \quad (47)$$

$$w(t) = [0,805\text{cos}(3,13t - 6,21)]\frac{\text{rad}}{\text{s}} \quad (48)$$

$$\alpha(t) = [-2,52\text{sen}(3,14t - 6,29)]\frac{\text{rad}}{\text{s}^2} \quad (49)$$

Donde, la amplitud angular, la velocidad angular máxima y la aceleración angular, son:

$$A = 0,26 \text{ rad},$$

$$w_{m\acute{a}x} = \pm 0,805 \frac{\text{rad}}{\text{s}}$$

$$\alpha_{m\acute{a}x} = \pm 2,52 \frac{\text{rad}}{\text{s}^2}$$

Es importante mostrar que cuando los valores de la velocidad angular es cero, la aceleración y la posición angular toman un valor máximo y viceversa.

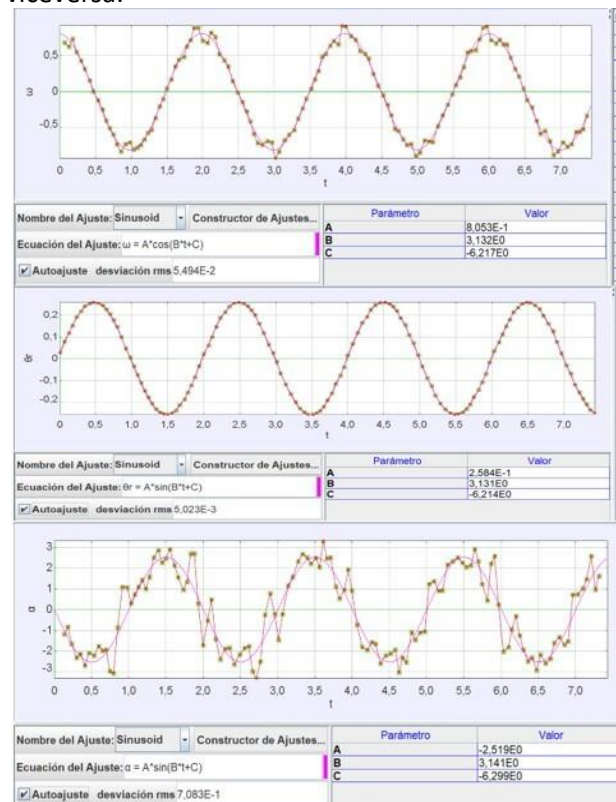


Figura 16. Gráficas de las ecuaciones de movimiento del sistema masa – cuerda.

Fuente: Los Autores.

Con las ecuaciones de movimiento obtenidas con Tracker se obtiene la frecuencia angular ($w = 3,13 \frac{\text{rad}}{\text{s}}$), por definición se tiene que la gravedad es $g = Lw^2$, luego:

$$g = 1\text{m} \left(3,13 \frac{\text{rad}}{\text{s}} \right)^2 = 9,8 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$$

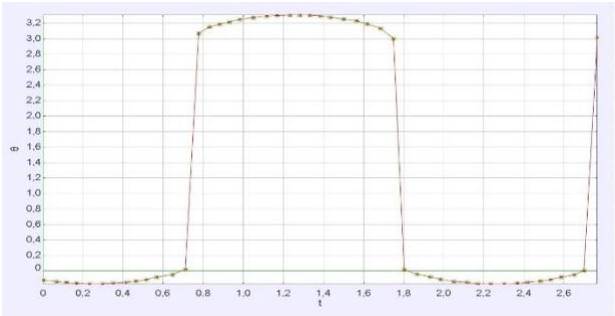


Figura 17. Gráficas del ángulo del péndulo en función del tiempo, el plano cartesiano que se tomó para realizar esta gráfica. **Fuente:** Los Autores.

La figura 17 muestra el ángulo del péndulo en función del tiempo. La coordenada horizontal (eje x positivo) se tomó como se indica en la Figura 3. Tracker toma el ángulo $\theta_0 = 10^0 = 0,174 \text{ rad}$, luego al caer lo toma como $\theta = 0^0 \text{ rad}$ en $t = 0,710 \text{ s}$, pero cuando la masa pasa al IV cuadrante, Tracker no sigue la continuidad de los grados, sino que toma el ángulo de $\theta_0 = 170^0 = 2,932 \text{ rad}$.

5.2. Cinemática de un oscilador amortiguado (Sistema masa-cuerda)

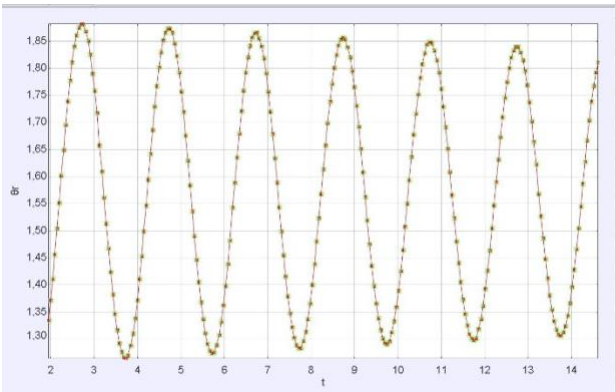


Figura 18. Gráfica de posición, angular como funciones del tiempo del sistema masa – cuerda de un oscilador sub amortiguado.

Fuente: Los Autores.

La Figura 18 muestra la posición angular como función del tiempo donde observa que la amplitud disminuye al aumentar el tiempo, así:

$$\theta(t) = \theta_0 e^{-\gamma t} \cos(w^*t + \varphi)$$

Para determinar la función $\theta(t) = \theta_0 e^{-\gamma t}$ se realizó la Figura 19, donde el ajuste de esta gráfica, es:

$$\theta_{m\acute{a}x} = 1,88e^{-0,002t} \quad (50)$$

Esta ecuación corresponde a la primera función de la ecuación (25), donde se deduce que la amplitud inicial es $\theta_0 = 1,88 \text{ rad}$ y el factor de amortiguamiento es $\gamma = 0,002 \frac{\text{rad}}{\text{s}}$ de donde sabemos que $\gamma^2 < w_0^2$, y como $4 \times 10^{-6} < 9,79$ se concluye que éste es un oscilador sub amortiguado. Donde la frecuencia angular de la oscilación es:

$$w^* = \sqrt{\left(3,13 \frac{\text{rad}}{\text{s}} \right)^2 - \left(0,002 \frac{\text{rad}}{\text{s}} \right)^2}$$

$$w^* = \sqrt{9,79 \frac{\text{rad}^2}{\text{s}^2} - 4 \times 10^{-6} \frac{\text{rad}^2}{\text{s}^2}}$$

$$w^* = 3,12 \frac{\text{rad}}{\text{s}}$$

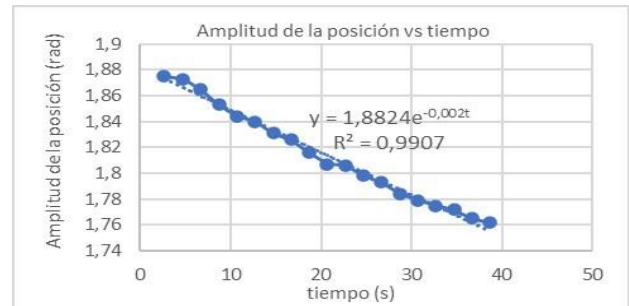


Figura 19. Gráfica de la amplitud del eje y en función del tiempo del oscilador subcrítico

Fuente: Los Autores.

De acuerdo a las ecuaciones 25 y 50 se obtiene:

$$\theta(t) = 1,88e^{-0,002t} \cos(3,46t) \quad (51)$$

5.3. Energía total M.A.S (Sistema masa-cuerda)

La Figura 21 muestra la gráfica de energía cinética y la energía potencia gravitacional en función del

tiempo. Donde el valor mayor de la energía potencial gravitacional y cinética son respectivamente, $E_p = 0,061 \text{ J}$ (en $t = 2,69 \text{ s}$) y $K = 0,0063 \text{ J}$ (en $t = 2,19 \text{ s}$). El punto donde las dos energías son iguales es $E_p = K = 0,005 \text{ J}$ (en $t = 2,245 \text{ s}$).

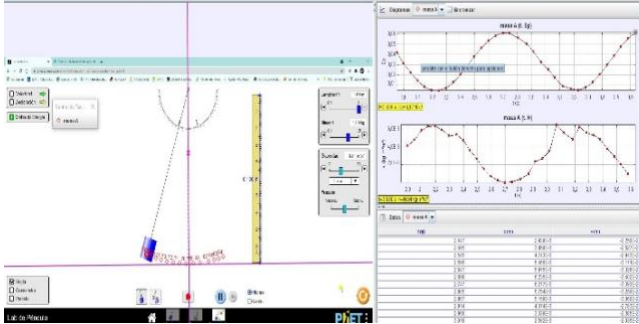


Figura 21. Sistema de referencia que se tomó para realizar las gráficas de la energía.

Fuente: Los Autores.

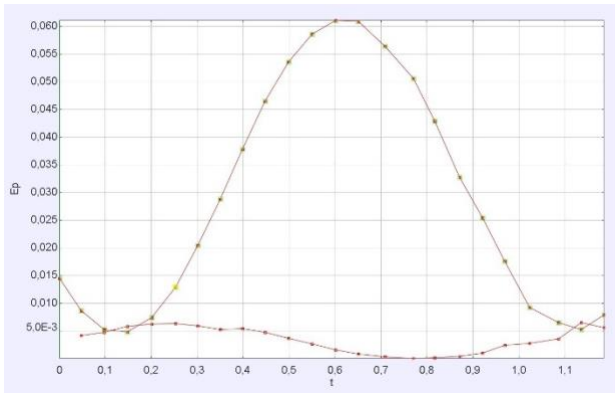


Figura 20. Gráficas energía cinética de menor amplitud y la energía potencial de mayor amplitud.

Fuente: Los Autores.

Se puede notar que al sumar éstas dos energías no dan un valor constante, porque la energía potencial gravitacional es mucho mayor que la energía cinética. Pero, si se puede apreciar que en $t = 2,69 \text{ s}$, la $E_p = 0,0611 \text{ J}$ y la $K = 0,000002 \text{ J}$. El hecho de que al sumar la energía cinética más la energía potencial no de un valor constante es por los efectos de fricción que se incluyeron en la simulación.

6. Consideraciones finales

Estudiamos el M.A.S y el oscilador sub amortiguado con los sistemas masa-muelle y el péndulo usando Tracker y Phet Colorado. Donde las gráficas y ecuaciones obtenidas dan información de otras magnitudes física tales como: la frecuencia de oscilación, la velocidad angular, la constantes elástica, el factor de amortiguamiento, ecuaciones de movimiento (posición, velocidad y aceleración como funciones del tiempo) y aplicar la ley de la conservación de la energía con y sin fricción.

Las gráficas que se obtuvieron de la energía mecánica en el sistema masa- muelle y en el péndulo sin fricción, cumplen con la Ley de la conservación de la energía mecánica, ósea en cada punto de la gráfica la energía era la misma, pero cuando hay fricción este valor en cada punto era diferente debido a la fricción.

Con estos cuatro experimentos se muestra la importancia que tiene este tipo de herramientas en el proceso enseñanza–aprendizaje de la física, ya que a partir de un laboratorio en tiempo real se pueden extraer datos, ecuaciones y gráficas que al ser ajustadas dan un margen de error mínimo, como se pudo observar en las gráficas de la amplitud de oscilación en función del tiempo.

Por lo tanto, podemos concluir que Tracker es una herramienta computacional muy poderosa en el estudio de sistemas oscilatorios y sistemas amortiguados, ya que de un video se puede extraer mucha información que junto con los textos de física se puede realizar un excelente análisis de dichos movimientos.

7. Referencias

- Abdel Rahim Garzón, G. P. y Moreno Villate, M. A. (2022). Uso de Tracker como herramienta de análisis en experimentos caseros para el aprendizaje de la física mecánica. *Revista Educación En Ingeniería*, 17(34),1-17.
<https://doi.org/10.26507/rei.v17n34.1203>
- Abdel Rahim Garzón, G. P. y Moreno Villate, M. A. (2021). Cálculo de las ecuaciones del movimiento

parabólico usando Tracker. *Revista Educación En Ingeniería*, 17(33), 45-51.

<https://doi.org/10.26507/rei.v16n32.1183>

<https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=6019783>

Abdel Rahim Garzón, G. P., & Moreno Villate, M. A. (2021). Determinación del coeficiente de fricción dinámico con Tracker. *Revista Latin-American Journal of Physics Education*, 16(1), (1303-1, 1303-9).

http://www.lajpe.org/mar22/16_1_03.pdf

Abdel Rahim Garzón, G. P. (2015). *Conceptos básicos de vibraciones y ondas*. Editorial. Fondo de publicaciones de la Universidad Distrital, [En línea]. Disponible en:

<https://editorial.udistrital.edu.co/detalle.php?id=81&f=6>

Escalante-Martínez, J.E., Laguna-Camacho, J.R., Gómez-Aguilar, J.F., Calderón-Ramón, C., Cruz-Orduña, M.I., Varguez-Fernández, R., & Anzelmetti-Zaragoza, J.C. (2016). Análisis del coeficiente de amortiguamiento viscoso en un sistema masa-resorte-amortiguador utilizando PPLANE y GEOGEBRA. *Revista mexicana de física E*, 62(2), 66-72. Recuperado en 07 de septiembre de 2022, de

http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1870-35422016000200066&lng=es&tlng=es.

Enrique, C., Yanitelli, M., & Giorgi, S. M. (2020). Análisis del discurso de estudiantes de ingeniería respecto de una actividad didáctica mediada por TIC sobre Movimiento Oscilatorio. In *XV Congreso Nacional de Tecnología en Educación y Educación en Tecnología (TE&ET 2020)* (Neuquén, 6 y 7 de julio de 2020).

Geogebra, [En línea]. Disponible en:

<https://www.geogebra.org/m/pse7aqyd>

Physics Tracker, [En línea]. Disponible en:

<http://www.cabrillo.edu/~dbrown/tracker/>

R. Simulación de PhET, Interactive Simulations, University of Colorado Boulder, bajo licencia CC- BY-4.0 [CC-BY-4.0](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/), [En línea]

<https://phet.colorado.edu>

Serway, R. A., & Jewett, J. W. (2009). *Física: Para ciencias e ingeniería con Física Moderna* (4a. ed.--). México D.F.: Cengage.

Víctor, R., Montero G., Román Á., & García Alfred. (2017). Simulación experimental para la enseñanza del movimiento oscilatorio. *Revista Latin-American Journal of Physics Education*, 16(1), (1303-1, 1303-9).