

UNIVERSIDAD
NACIONAL
DE COLOMBIA

**EL TRABAJO EXPERIMENTAL EN LA ENSEÑANZA DE LA FÍSICA EN SECUNDARIA:
UNA REVISIÓN CRÍTICA DE LITERATURA**

NELSON ALEXANDER DEL RÍO OSORIO

Trabajo final de maestría presentado como requisito parcial para optar al título de:

Magíster en Enseñanza de las Ciencias Exactas y Naturales

Directora:

Mónica Eliana Cardona Zapata

Magíster en Educación en Ciencias Naturales

Universidad Nacional de Colombia

Facultad de Ciencias

Medellín, Colombia

2022

Quiero dedicar esta tesis a mis padres Javier y Margarita, a mis hermanos, a mis hijas Naisdelyn y Maily; y a todos amigos que me dieron el apoyo y ánimo para seguir adelante en este trabajo.

A mi directora de maestría Mónica, quien fue muy generosa con sus conocimientos y sabiduría; siempre dispuesta para ayudar a culminar este proceso.

Agradecimientos

Expreso mi agradecimiento a todas las personas que contribuyeron en la construcción y desarrollo de este trabajo de investigación.

A mi directora Mónica Eliana Cardona Zapata, asesora pedagógica en Ude@ Educación Virtual y docente de cátedra de la Universidad de Antioquia, que con sus conocimientos, orientaciones y aportes, me acompañó y orientó en el desarrollo de este trabajo.

Así mismo, a los docentes de la Universidad Nacional sede Medellín, que me orientaron en los primeros capítulos de este trabajo de investigación documental. Además, al profesor Marco Antonio Moreira y a la profesora Sonia López, que con sus escritos e investigaciones contribuyeron a generar ideas, pensamientos y reflexiones para escribir este trabajo.

Resumen

El presente trabajo es una revisión crítica de literatura que tiene 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. Dicha revisión se enmarca en la Teoría del Aprendizaje Significativo Crítico como principal referente teórico y bajo algunas orientaciones consideradas desde la didáctica de la física y el trabajo experimental concebido como una estrategia que permite que los estudiantes asuman un papel activo en su proceso de aprendizaje de conceptos físicos. Bajo un enfoque cualitativo, se efectuó una búsqueda en 53 revistas halladas 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, que contribuyeron a los docentes en su quehacer. Se excluyeron los trabajos de carácter reflexivo o instrumental. A pesar de la poca producción académica, los resultados mostraron 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 en los estudiantes, desde los diversos escenarios de la didáctica de la física. Además, se encontró que los diferentes recursos físicos y herramientas TIC propuestos por los 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 la ciencia y para favorecer el aprendizaje significativo crítico de los estudiantes.

Palabras Clave: enseñanza de la física, trabajo experimental, estrategias, educación secundaria y recursos.

EXPERIMENTAL WORK IN SECONDARY PHYSICS TEACHING: A CRITICAL REVIEW OF THE LITERATURE

Abstract

This paper is a critical literature review that aims to analyze the contribution of academic production about the implementation of strategies and resources for experimental work in physics teaching at the secondary level. This review is framed in the Critical Meaningful Learning Theory as the main theoretical reference and under some guidelines considered from the didactics of physics and experimental work conceived as a strategy that allows students to assume an active role in their learning process of physical concepts. Under a qualitative approach, a search was carried out in 53 journals founded 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, which contributed to teachers in their work. Papers of a reflexive or instrumental nature were excluded. Despite the little academic production, the results showed that between the years 2011 to 2020, strategies and resources were proposed that can accompany the teaching of physics with more experiential purposes in students, from the various scenarios of physics didactics. In addition, it was found that the different physical resources and ICT tools proposed by the authors can be used at the time of teaching experimental physics as input for teachers who want a transformation in the teaching of science and to promote critical meaningful learning of students.

Keywords: Physics teaching, experimental work, strategies, high school and resources.

Contenido

Agradecimientos	III
Resumen	IV
Abstract	V
Introducción	8
CAPÍTULO I. DISEÑO TEÓRICO	9
1.1 Tema.....	9
1.2 Planteamiento del Problema	9
1.2.1 Antecedentes	9
1.2.2 Descripción del problema	11
1.2.3 Formulación de la pregunta.....	13
1.3 Justificación	13
1.4 Objetivos	14
1.4.1 Objetivo general	14
1.4.2 Objetivos específicos	14
CAPÍTULO II. MARCO REFERENCIAL.....	15
2.1 Marco Teórico	15
2.1.1 Teoría del Aprendizaje Significativo Crítico	15
2.1.2 Principios de la Teoría del Aprendizaje Significativo Crítico	16
2.2 Marco Conceptual	18
2.2.1 Didáctica de la Física.....	18
2.2.2 Trabajo Experimental en la Enseñanza de la Física.....	20
2.3 Marco Legal	21
CAPITULO III. DISEÑO METODOLÓGICO	24
3.1 Enfoque.....	24
3.2 Método de Investigación Documental.....	24

3.3 Procedimientos de Recolección de Información	27
CAPÍTULO IV. RESULTADOS Y ANÁLISIS	30
4.1 Producción académica relacionada con el trabajo experimental en la enseñanza de la física en secundaria.....	31
4.2 Estrategias y recursos para la implementación del trabajo experimental que favorezcan el aprendizaje de la física a nivel de secundaria.....	36
4.2.1 Diversidad de Estrategias	36
4.2.2 Diversidad de Recursos y Materiales	43
4.3 Contribución de la producción académica sobre trabajo experimental como referente para el quehacer de los docentes.....	48
Conclusiones	51
Referencias Bibliográficas	54

Lista de figuras

Figura 1. Relación entre los tipos de trabajos prácticos y sus propósitos. Adaptado de Caamaño (2011).....	21
Figura 2. Cantidad de artículos por año de publicación	31
Figura 3. Cantidad de artículos por País	32
Figura 4. Cantidad de artículos por Idioma.....	32

Lista de tablas

Tabla 1. Fases de la investigación documental	25
Tabla 2. Núcleos temáticos y factores definidos para la revisión de literatura	27
Tabla 3. Revistas para la revisión de literatura	27
Tabla 4. Estructura del formulario para registro de información.....	28
Tabla 5. Artículos encontrados en las revistas consultadas.....	30
Tabla 6. Tipos de nominación de los Trabajos Experimentales empleados en las unidades de análisis	34
Tabla 7. Campos de la física abordados en los trabajos.....	35
Tabla 8. Recursos TIC implementados en las unidades de análisis revisadas	37
Tabla 9. Relación entre las unidades de análisis y la clasificación de los Trabajos Prácticos de Laboratorio.....	40
Tabla 10. Diversidad de recursos y materiales	43

Introducción

Aprendizaje Significativo Crítico: es aquella perspectiva que permite al sujeto formar parte de su cultura y, al mismo tiempo, estar fuera de ella.
Marco Antonio Moreira

Esta investigación, titulada “El Trabajo Experimental en la enseñanza de la Física en Secundaria: una Revisión Crítica de la Literatura”, tiene como principal propósito 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. Para avanzar en este objetivo, se realizó una revisión bibliográfica de trabajos de investigación que han utilizado diferentes metodologías y recursos para tal fin. En esta búsqueda se tuvieron en cuenta factores como la población, el país en el que se realizó el estudio, los referentes teóricos de aprendizaje implementados, conceptos de física abordados, perspectivas sobre el trabajo experimental, fuentes de información utilizadas, materiales para el trabajo experimental, estrategias o metodologías de enseñanza y papel del estudiante. Así mismo, se definieron tres categorías para el análisis de resultados, a partir de las cuales fue posible indagar sobre las posibilidades que circundan alrededor de la implementación del trabajo experimental en secundaria, a saber: la producción académica relacionada con el trabajo experimental en la enseñanza de la física en secundaria; las estrategias y recursos para la implementación del trabajo experimental que favorezcan el aprendizaje de la física a nivel de secundaria y la contribución de la producción académica sobre trabajo experimental como referente para el quehacer de los docentes.

El trabajo está organizado en cuatro capítulos en los cuales se presentan de forma estructurada todos los elementos que hicieron parte de esta monografía. En el capítulo 1 se encuentra el diseño teórico, conformado por la delimitación del tema, el planteamiento del problema, los antecedentes, la justificación y los objetivos que guiaron la revisión de literatura. En el capítulo 2 se presenta el marco referencial, que incluye el marco teórico relacionado con la Teoría del Aprendizaje Significativo Crítico, el marco conceptual conformado por los ejes temáticos sobre la didáctica de la física y el trabajo experimental en la enseñanza de la física, y el marco legal. El capítulo 3 define el diseño metodológico, en el que se describe el enfoque del presente trabajo y los procedimientos de recolección de información. En el capítulo 4 se discuten los resultados obtenidos en la revisión de literatura, a la luz de los objetivos propuestos y del marco teórico en el que se fundamenta. Finalmente, se presentan las conclusiones en términos de los elementos que componen el objetivo general y los específicos; y se encuentran las referencias que apoyaron el presente trabajo.

CAPÍTULO I. DISEÑO TEÓRICO

1.1 Tema

El trabajo experimental en la enseñanza de la física en secundaria como actividad que propicia el aprendizaje de los estudiantes.

1.2 Planteamiento del Problema

1.2.1 Antecedentes

El presente trabajo tiene como propósito realizar una revisión crítica sobre el aporte de la producción académica en enseñanza de la física, para identificar diferentes propuestas de enseñanza e investigaciones en las que se presente como problemática central el trabajo experimental en la enseñanza de la física y se describan tanto estrategias como recursos que se han empleado para su incorporación a nivel de secundaria. Esta problemática parte del interés por indagar las diferentes visiones que se tienen en relación con el aporte del trabajo experimental al aprendizaje de los estudiantes, principalmente con miras a identificar el acercamiento de dichas visiones a los fundamentos de la Teoría del Aprendizaje Significativo Crítico (TASC) propuesto por Moreira (2005); quien establece como dos principios fundamentales para establecer este tipo de aprendizaje en los estudiantes, que los profesores abandonen la pizarra como la principal estrategia para la comunicación pedagógica y que no centralicen el libro de texto como principal recurso para el aprendizaje. Lo que se describirá con mayor profundidad en el apartado del marco conceptual.

Siguiendo el propósito de esta revisión inicial en la literatura, se han identificado algunas investigaciones documentales que recogen la producción académica reciente en relación con la implementación del trabajo experimental en la educación en ciencias naturales en general, y en la física en particular. Entre las investigaciones que hacen referencia a la enseñanza de las ciencias naturales, Franco, Velasco y Riveros (2017) presentan, por medio de un estudio bibliométrico, las tendencias sobre la implementación de los trabajos prácticos de laboratorio, en el que se evidenció una clasificación de experiencias de aula, sus implicaciones didácticas y se resalta la importancia de aproximar a los profesores de ciencias en formación inicial a los procesos de investigación. Por su parte, Gutiérrez, Martín y Bigliani (2019), presentan una revisión bibliográfica sobre el uso de TIC en la práctica experimental, evidenciando una

aproximación de estos recursos en los últimos años y las implicaciones de su incorporación en las aulas.

En cuanto a los estudios que han aportado a la enseñanza de la física, los trabajos identificados se han enfocado en presentar estados del arte relacionados con el uso de la tecnología para apoyar el trabajo experimental en las aulas. Arguedas y Concari (2015) realizan una revisión sobre el uso de laboratorios remotos, los cuales tienen como propósito suplir la carencia de la presencialidad en los cursos de educación a distancia; por lo tanto, estos autores presentan las diversas herramientas que se han utilizado por diferentes universidades para garantizar la enseñanza y apropiación de los procesos de la física en estos espacios. López, Veit y Araujo (2016), presentan una revisión de literatura sobre los referentes epistemológicos, psicopedagógicos y didácticos en las investigaciones sobre la modelación y simulación computacional para la enseñanza de la física en educación básica y media; estos autores identifican las principales teorías cognitivistas y estrategias que se han propuesto para desarrollar actividades de resolución de problemas, simulaciones integradas con experimentos y modelación computacional.

Así mismo, Velasco y Buteler (2017), realizan una revisión crítica sobre las simulaciones computacionales en la enseñanza de la física, identificando que, para el uso de estos recursos, es importante plantear situaciones en diferentes niveles (interactivas, intuitivas y realistas), de tal manera que se generen espacios favorables al desarrollo conceptual de los estudiantes. Pastorio y Sauerwein (2017), dan cuenta que, en relación con el uso del computador para la enseñanza de la física a nivel medio y superior, ha predominado el uso de simulaciones computacionales, principalmente para abordar conceptos de mecánica newtoniana a partir de trabajos teóricos y el uso de sensores Arduino; sin embargo, el número de artículos que se refiere al desarrollo de experimentos es mínimo.

Por su parte, Jardim y Guerra (2017) realizan una discusión sobre los objetivos de enseñanza encontrados en la literatura relacionada con el papel de los experimentos históricos en el aprendizaje de la física. Estos autores defienden que la experimentación desde una perspectiva histórico-cultural, tiene un gran potencial en la enseñanza de la física para fomentar la reflexión sobre la construcción del conocimiento científico.

Los resultados obtenidos en la revisión de antecedentes, dan cuenta de aspectos como el uso de tecnologías y diversas metodologías que han aportado a enriquecer el trabajo experimental en la enseñanza de la física; sin embargo, son pocas las investigaciones documentales en las

que se recojan las publicaciones recientes donde se pueda identificar de manera amplia el papel de esta estrategia en la educación secundaria, así como los diferentes recursos, estrategias, enfoques pedagógicos y metodologías, que les permitan a los profesores responder a las necesidades de la sociedad actual, como el desarrollo de competencias tecnológicas, y la adquisición de habilidades como la creatividad, la innovación, el pensamiento crítico, la resolución de problemas, la comunicación y la colaboración. No obstante, para atender al propósito del presente trabajo, a continuación, se describe el problema sobre el cual se estructura la revisión de literatura, que permite identificar el estado de la cuestión en relación con las diferentes propuestas para la implementación del trabajo experimental en la enseñanza de la física en secundaria.

1.2.2 Descripción del problema

El propósito de la enseñanza de la física a nivel escolar es, entre otras cosas, que los estudiantes adquieran un dominio cada vez mejor de los conceptos físicos, comprender fenómenos naturales, resolver problemas prácticos y poder resolver situaciones problemáticas de lo cotidiano. Para poder acercar a los estudiantes a los conceptos y principios físicos, es necesario aproximarlos a su construcción; y la experimentación se presenta como un escenario con grandes potencialidades para este propósito. Para lograr lo antes mencionado, se hace imprescindible que los profesores tengan claridad conceptual y dominio experimental; es decir, que tengan fundamentos sobre el papel del trabajo experimental en la enseñanza de la física, y estén familiarizados con su implementación en el aula. En otras palabras, que se apropien de diferentes recursos y estrategias para favorecer el desarrollo de competencias que les permitan comprender cómo se han construido dichos conocimientos y que puedan enfrentarse a situaciones que requieran el desarrollo de actividades propias del trabajo experimental en diferentes contextos (Chamizo y Pérez, 2017; Zorrilla et al., 2020); así mismo, que posibiliten el uso de estrategias y materiales diversificados, y de “perspectivas y planteamientos didácticos que impliquen la participación activa del estudiante y, de hecho, promuevan una enseñanza centrada en el alumno para facilitar un aprendizaje significativo crítico” (Moreira, 2005, p. 18)

Teniendo en cuenta lo anterior, para el desarrollo del presente trabajo se realizó una revisión inicial en la literatura, con el propósito de identificar los aportes de profesores e investigadores sobre el trabajo experimental en la enseñanza de la física en secundaria y qué dificultades se han presentado para su implementación. A partir de dicha revisión, se ha encontrado que diversos autores plantean principalmente tres obstáculos en la enseñanza de la física en secundaria. El primero, está relacionada con la metodología tradicional empleada por los profesores de esta

área, en la que se ha considerado a los alumnos como “vasos vacíos que el maestro debe llenar” (Picquart, 2008, p. 30); el segundo, tiene que ver con los enfoques de las facultades de educación, que están centrados específicamente en saberes disciplinares y de manera muy general en aspectos pedagógicos y didácticos; y por último, la falta de apropiación sobre el uso de las Tecnologías de la Información y la Comunicación (TIC) y otras herramientas como apoyo en la enseñanza (Carpio, 2014).

Las anteriores dificultades se hacen visibles en la enseñanza de la física en la escuela, propiamente en la implementación del trabajo experimental (también nombrado como actividad experimental, trabajos prácticos de laboratorio, entre otros). Algunos autores como García, Insausti y Merino (1999), Chávez y Andrés (2013), Carrascosa, Gil, Vilches y Valdés (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, 2019).

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. Por lo tanto, para el presente trabajo se plantea como problema la carencia de revisiones que indaguen por diferentes estrategias y recursos que pueden implementar los profesores de secundaria, para fortalecer el trabajo experimental en la enseñanza de la física y resignificar su papel para el aprendizaje de los estudiantes. Así mismo, se considera de gran relevancia analizar el aporte de las investigaciones identificadas, a la luz de la TASC propuesta por Moreira (2005); puesto que, para este autor, la diversidad de estrategias y recursos para la enseñanza de la física son principios facilitadores del aprendizaje significativo crítico en los estudiantes.

1.2.3 Formulación de la pregunta

En virtud de lo anterior, se busca dar respuesta a la pregunta: ¿cuál es el aporte de la producción académica entre los años 2011-2020 en cuanto a la implementación de estrategias y recursos para el trabajo experimental en la enseñanza de la física a nivel de secundaria?

1.3 Justificación

Educarse puede considerarse como algo natural de los seres humanos, donde cada persona está en la disposición de enseñar y al mismo tiempo de aprender, se manejan ambos roles en la vida diaria, como un fenómeno humano, social y político (De Camilloni et al., 2007). No obstante, la tarea de enseñar está atribuida principalmente al maestro y su quehacer; por lo tanto, éste, como sujeto ético y político, tiene la responsabilidad de formar a sus estudiantes, de mostrar los posibles caminos del conocimiento y potenciar la construcción de aprendizajes significativos.

Concretamente, en la enseñanza de la física, el profesor es quien propone situaciones a los estudiantes para acercarlos a diversos fenómenos que pueden percibir en su vida cotidiana. En este acercamiento, un recurso didáctico con grandes potencialidades para la enseñanza de la física es el trabajo experimental, a partir del cual los estudiantes tienen una experiencia directa con los fenómenos físicos, para lo cual requieren el aprendizaje de procedimientos científicos y de recursos específicos. Es por esto que se busca que los profesores conozcan la importancia de la experimentación en la enseñanza de la física, y estén apropiados de los fundamentos tanto teóricos como metodológicos que permitan ampliar su implementación en el contexto escolar.

En este sentido, se requiere que los profesores estén a la vanguardia en cuanto a estrategias, metodologías y procedimientos, para cumplir con las necesidades tanto de su contexto particular como de la sociedad en general. Comúnmente en la educación científica, se plantean retos en términos de alfabetización de los estudiantes y desarrollo de competencias y habilidades para el siglo XXI. De acuerdo con lo descrito en el planteamiento del problema, con el desarrollo de este trabajo se espera favorecer la reflexión en torno a las estrategias y recursos empleados para apoyar el trabajo experimental en la enseñanza de la física a nivel de secundaria, de tal manera que los profesores puedan identificar elementos teóricos y metodológicos que les permita mejorar sus prácticas y favorecer el proceso de aprendizaje de los estudiantes.

1.4 Objetivos

1.4.1 Objetivo general

Analizar, a la luz de la Teoría del Aprendizaje Significativo Crítico, el aporte de la producción académica en relación con la implementación de estrategias y recursos para el trabajo experimental en la enseñanza de la física a nivel de secundaria.

1.4.2 Objetivos específicos

- Identificar la producción académica relacionada con el trabajo experimental en la enseñanza de la física a nivel secundaria entre el período 2011-2020.
- Caracterizar algunas estrategias y recursos para la implementación del trabajo experimental que favorezcan el aprendizaje de la física a nivel de secundaria.
- Valorar la contribución de la producción académica sobre trabajo experimental como referente para el quehacer de los docentes en la enseñanza de la física a nivel de secundaria.

CAPÍTULO II. MARCO REFERENCIAL

2.1 Marco Teórico

2.1.1 Teoría del Aprendizaje Significativo Crítico (TASC)

En 1969, Postman y Weingartner cerraron el último capítulo de su libro “La Enseñanza como una Actividad Subversiva”, en el que identificaron algunas problemáticas de la enseñanza tradicional en las escuelas norteamericanas, en las cuales se enseñaban conceptos fuera de foco para la época, ya que en los años 60 y 70 se generaron grandes cambios tecnológicos y científicos, como por ejemplo el comienzo de la robótica, la energía nuclear y el alunizaje. En dicha enseñanza tradicional predominaba la transmisión de conocimientos como verdades absolutas, inmutables e incuestionables; el concepto de certeza y de respuestas correctas e incorrectas; la idea de que cada efecto es el resultado de una sola causa; entre otras. A partir de las cuales concluyen que este tipo de educación prepara a los estudiantes para tener “personalidades pasivas, dogmáticas, intolerantes, autoritarias, inflexibles y conservadoras, que se resistirán a cualquier cambio” (Moreira, 2005, p. 3). Ciertamente, esto los condujo a proponer un modelo de enseñanza subversiva, donde los estudiantes sean más activos, tolerantes, críticos, flexibles, innovadores y que sean parte de un grupo y a la vez puedan estar fuera de él desde una posición crítica.

Lo anterior permite comprender el enfoque subversivo o “crítico” que propone Moreira en su teoría de aprendizaje, pues define el aprendizaje Crítico como: “aquella perspectiva que permite al sujeto formar parte de su cultura y, al mismo tiempo, estar fuera de ella” (Moreira, 2005, p. 7). Esta teoría la propone a finales del siglo XX y comienzos del siglo XXI bajo otras condiciones, como son la ubicación geográfica de américa del sur, el consumismo, la globalización, el fervor tecnológico y la educación mercantil. Encontrando la misma problemática de los años 60 y 70 con una educación fuera de foco, tradicional, con verdades absolutas, inmutables e incuestionables para la época actual. Además, menciona que en la actualidad el aprendizaje de las personas debe ser no solo significativo sino también subversivo; no obstante, para Moreira resulta más conveniente considerar que el *aprendizaje significativo crítico* puede subyacer a la idea de enseñanza subversiva propuesta por Postman y Weingartner, pues a través de la adquisición de este tipo aprendizaje, un estudiante podrá pertenecer a una cultura, pero no ser subyugado por esta, se desliga de ella para construir sus propias concepciones; es decir, se

convierte en un sujeto activo en su construcción de aprendizaje y asume una posición crítica de su alrededor.

2.1.2 Principios de la Teoría del Aprendizaje Significativo Crítico

Moreira (2005), propone 11 principios facilitadores sumados a las dos condiciones expuestas por Ausubel (2000), para ser implementados en las aulas de clase con miras a la consolidación del aprendizaje significativo crítico. Estos principios son:

1. *Principio del conocimiento previo*
2. *Principio de la interacción social y del cuestionamiento*
3. *Principio de la no centralidad del libro de texto*
4. *Principio del aprendiz como perceptor/representador*
5. *Principio del conocimiento como lenguaje*
6. *Principio de la conciencia semántica*
7. *Principio del aprendizaje por el error*
8. *Principio del desaprendizaje*
9. *Principio de la incertidumbre del conocimiento*
10. *Principio de la no utilización de la pizarra*
11. *Principio del abandono de la narrativa*

Estos principios son propuestos por Moreira (2005), como ideas o estrategias que orientan la implementación de estrategias en el aula, que no solo favorezcan el aprendizaje significativo, sino también el aprendizaje crítico en los estudiantes. No obstante, de acuerdo con el propósito del presente trabajo, se busca analizar los aportes de las investigaciones enfocadas en el desarrollo de estrategias y recursos que posibiliten el aprendizaje significativo crítico en los estudiantes a partir de la implementación del trabajo experimental y brindar herramientas para que los profesores de física lo incorporen en coherencia con dichos principios. Por lo tanto, se considera que la interpretación que realiza López (2014) sobre la TASC, aporta información relevante para enfocar el análisis de la información, concretamente al reconocimiento de dichas estrategias y recursos.

De acuerdo con López (2014), los principios 2 al 10 se pueden clasificar en tres categorías: principios conceptuales y disciplinares, principios epistemológicos y principios pedagógicos-didácticos. Advierte la autora, que la clasificación propuesta no es estricta, ya que en algunos casos los principios se pueden encajar en otras categorías.

La primera categoría, son los principios que buscan el dominio sobre un determinado campo de conocimiento; estos son los *principios conceptuales y disciplinares* tales como:

- Principio de la interacción social y del cuestionamiento, enseñar/aprender a preguntar en lugar de recibir respuestas.
- Principio del aprendiz como perceptor/representador.
- Principio del conocimiento como lenguaje.

La segunda categoría, pretende que el conocimiento científico en constante construcción evolucione de acuerdo a las capacidades de cada ser humano; esta corresponde a los *principios epistemológicos* tales como:

- Principio de la conciencia semántica.
- Principio es el aprendizaje por error.
- Principio del desaprendizaje.
- Principio de la incertidumbre del conocimiento.

La tercera categoría lucha contra la idea de respuestas ciertas y de verdades absolutas, que los textos y la pizarra son los grandes poseedores de conocimiento; esta corresponde a los *principios pedagógicos-didácticos*, que son:

- Principio de la no centralización en el libro de texto.
- Principio de la no utilización de la pizarra.

Para efectos de este trabajo, se aborda esta última categoría, puesto que dichos principios tienen en consideración “que el conocimiento es hoy documentado en diversas fuentes de información cada vez más accesibles” (López, 2014, 59); además “utilizar diversas estrategias instruccionales o didácticas posibilitan la participación activa de los estudiantes, lo que sin duda facilita un aprendizaje significativo crítico a partir del intercambio de significados entre estos y el profesor como mediador de este proceso” (p. 59). Por tanto, el rastreo de aportes de la producción académica está encaminada a analizar a la luz de esta categoría las diversas estrategias y recursos para el trabajo experimental en la enseñanza de la física a nivel de

secundaria. Ahora interesa describir los dos principios pedagógico-didácticos, para efectos de entenderlos y estudiarlos en esta investigación:

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. Es decir, combatir 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.

Finalmente, *el 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.

Para concluir, la TASC constituye un referente competente para la formulación de estrategias de enseñanza, que pretendan lograr como objetivo el aprendizaje significativo, y más aún crítico y reflexivo de los estudiantes. La utilización de los principios en el aula, proporciona herramientas para la construcción de conocimientos a partir de un carácter crítico, admitiendo las transformaciones percibidas y representándolas en el mundo cambiante (López, 2012, 2014).

2.2 Marco Conceptual

Teniendo en cuenta el propósito del presente trabajo, a continuación, se describen los referentes conceptuales que se consideran fundamentales para identificar, analizar y caracterizar, a la luz de los principios pedagógico-didácticos presentados en el Marco Teórico, las estrategias y recursos que se han utilizado para el trabajo experimental en la enseñanza de la física a nivel de secundaria. Dichos referentes son: la Didáctica de la Física y el Trabajo Experimental en la Enseñanza de la Física.

2.2.1 Didáctica de la Física

El concepto de didáctica en general tiene dos objetivos; por un lado, la educación del estudiante y por el otro la formación del ciudadano. En ambos, la didáctica es una herramienta

en el sistema educativo que se enfoca en la formación del estudiante como persona y en las transformaciones sociales. Es decir, para establecer estas dos relaciones se debe pensar en el sentido dialéctico. La didáctica como conocimiento científico y como instrumento para tener una verdadera acción completa. Esto significa, que pensar en didáctica, no es solo pensar en los problemas prácticos y situaciones en el salón de clases, ni tampoco desde una forma general de los problemas que tiene la educación; sino pensar de forma conjunta, dejando de lado la teoría desconectada que no se ocupa de los problemas socioculturales. Parafraseando a Pichon-Riviere y Quiroga (1990) citados por Klein (2012), la didáctica contempla estrategias que no solo apuntan a comunicar conocimiento, sino a desarrollar aptitudes y a modificar actitudes.

En relación con la didáctica específica de la física, Klein (2012) considera que su papel en la formación docente es, esencialmente, proporcionar las bases para aprender a conocer a profundidad el saber disciplinar, para llegar a entender las relaciones con las demás áreas de conocimiento, con el fin de enseñar de una forma integral. Cuando el maestro logra conocer la estructura epistemológica y los procesos en juego en el aprendizaje de los estudiantes, puede aportar una mirada crítica sobre sus propios saberes y abrir su perspectiva en la comprensión del mundo (Klein, 2012). En palabras de Fernández et al. (2002), la didáctica se convierte en una parte identitaria del docente; es decir, el profesor de física, está amparado primero por la didáctica- educativa y segundo por la especificidad del saber del profesor, que lo diferencia de los demás educadores (citado por Klein, 2012). En este sentido, la didáctica de la física se ocupa de problemas relacionados con el qué, el cómo y el cuándo enseñar física; así mismo, con la manera de orientar la formación de profesores en este campo. En este último aspecto, juega un papel fundamental lo que se ha denominado conocimiento didáctico del contenido; es decir, el conocimiento que surge de la interacción progresiva entre el conocimiento científico del profesor y la práctica de la enseñanza (Caamaño, 2011), pues a partir de este conocimiento, el profesor tiene la capacidad de diseñar actividades y estrategias para la enseñanza de la física. De acuerdo con Caamaño (2011), el trabajo experimental es

...una de las actividades más importantes en la enseñanza de las ciencias [y de la física en particular] por permitir una multiplicidad de objetivos: la familiarización, la observación y la interpretación de los fenómenos [...], el contraste de hipótesis [...], el aprendizaje del manejo de instrumentos y técnicas de laboratorio [...], la aplicación de estrategias de investigación para resolver problemas [...], y en definitiva, la comprensión procedimental de la ciencia. (p. 143)

Así mismo, Casal (2013) afirma que el trabajo experimental, con propósitos bien definidos, permite que los estudiantes tengan un papel activo en la construcción de conocimiento y en la adquisición de habilidades científicas. A continuación, se describirá su papel en la enseñanza de la física.

2.2.2 Trabajo Experimental en la Enseñanza de la Física

La física es una ciencia experimental; por lo que su enseñanza debe posibilitar la observación sobre la realidad y el desarrollo de habilidades experimentales (Jaime y Escudero, 2011). El trabajo experimental ha sido objeto de múltiples discusiones (Barbera y Valdés, 1996; Caamaño, 2004, 2007; Carrascosa, Gil, Vilches, Valdés, 2006; Cortés y De la Gándara, 2007; Hodson 1994; citados en Pabón et al., 2021), entre las cuales se destaca la concepción de que el conocimiento científico está fundamentado en una parte teórica y otra experimental, la cual posibilita la relación de los conceptos con el ambiente (Hodson, 1994, citado en Jaime y Escudero, 2011). Así mismo, otra noción que se destaca es que la experimentación se puede ver desde dos aristas, la primera cuando la actividad experimental se considera como verificación del conocimiento y la segunda arista es cuando el conocimiento es visto como construcción social (Romero y Aguilar, 2013). Estos autores afirman que, si la experiencia está en los marcos de lo conceptual y teórico, las dimensiones de los dos marcos no se pueden separar; es decir, la experimentación y la teoría no son dimensiones separadas. Por esto, se puede considerar un híbrido de teorización (filosofía, lógica, argumentación) y experimentación (técnica, manipulación, observación); 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 y Aguilar, 2013).

De acuerdo con el propósito del presente trabajo, se concibe trabajo experimental como una estrategia que permite que los estudiantes asuman un papel activo en su proceso de aprendizaje, siempre y cuando se presenten actividades que trasciendan el “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). Lo anterior está en consonancia con la perspectiva de Caamaño (2011), quien realiza una clasificación de los trabajos prácticos de laboratorio, de acuerdo con los objetivos que persiguen, en las siguientes modalidades: experiencias, ejercicios prácticos e investigaciones, los cuales son los utilizados en las aulas de clases. Para Woolnough y Allsop (1985), citados por Caamaño (2004), se debe diferenciar entre las experiencias y los ejercicios

prácticos e investigaciones. Donde las experiencias, tienen como objetivo lograr una familiaridad con el fenómeno; mientras los ejercicios prácticos se diseñan para lograr el aprendizaje de destrezas o para ilustrar o comprobar teorías, y las investigaciones posibilitan realizar un trabajo semejante a los científicos o tecnólogos en la resolución de problemas teóricos y prácticos. De acuerdo con lo anterior, en la Figura 1 se establece una relación entre los tipos de trabajos prácticos propuestos por Caamaño (2011) y los propósitos de este espacio delimitados en dos dimensiones: el planteamiento de situaciones abiertas o cerradas y el aprendizaje de conceptos o procedimientos.

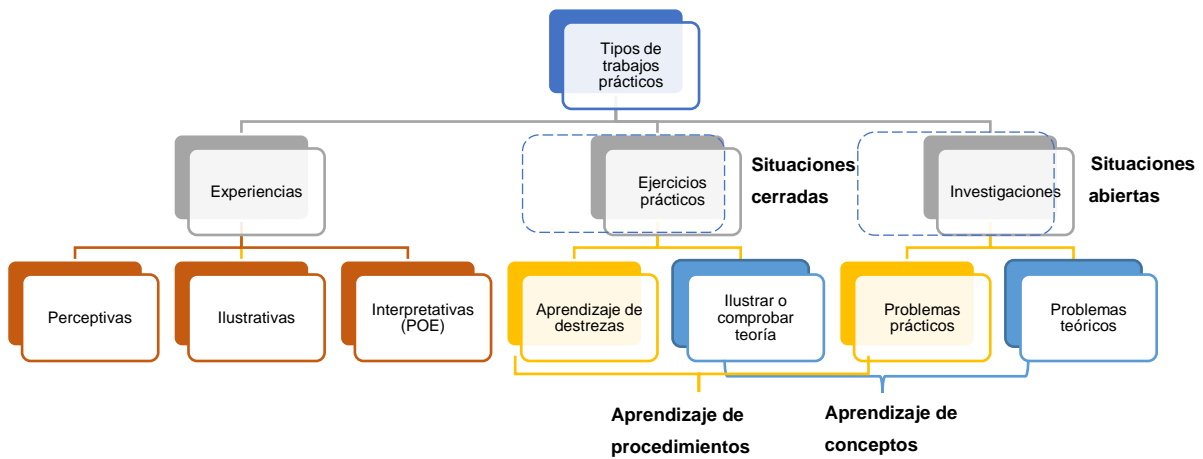


Figura 1. Relación entre los tipos de trabajos prácticos y sus propósitos. Adaptado de Caamaño (2011).

Lo expuesto anteriormente aportará información relevante para poder identificar los tipos de trabajos experimentales que predominan en la enseñanza a nivel de secundaria, de acuerdo con lo reportado en la literatura consultada.

2.3 Marco Legal

Bajo la normatividad emitida por el Gobierno Nacional y el Ministerio de Educación Nacional de Colombia, el siguiente Normograma presenta las leyes, decretos, resoluciones que pueden ser locales, nacionales o internacionales, relacionadas con la enseñanza de las Ciencias Naturales.

Normograma del Marco Legal		
Normatividad	Texto	Contexto
La Constitución Política de Colombia	<p>Artículo 67. La Educación es un derecho de las personas y un derecho público en función social. Que busca el acceso al conocimiento a la ciencia, a la técnica y a los valores culturales. Formará en el respecto de los derechos humanos, la paz y la democracia; para el mejoramiento cultura, científico, tecnológico y ambiental.</p> <p>Artículo 70. El estado tiene el deber promover el acceso cultural en igualdad de oportunidades; por medio de la Educación y la enseñanza científica, técnica, artística, en todas las etapas del proceso de creación de identidad nacional.</p>	Carta Magna promulgada el 4 Julio 1991, considerando la Educación como un derecho Fundamental en la República de Colombia
Ley 115 de 1994. Ley General de la Educación	<p>Está definida, como el proceso de formación permanente, personal, cultural y social que se fundamenta en una concepción integral de la persona humana, de su dignidad, de sus derechos y de sus deberes. Señala las normas generales para regular el Servicio Público de la Educación que cumple una función social acorde con las necesidades e intereses de las personas, de la familia y de la sociedad.</p> <p>Artículo 23. Para lograr los objetivos de la educación se establecieron áreas fundamentales del conocimiento y formación que se ofrecen de acuerdo con el currículo y el proyecto educativo institucional.</p>	Las áreas fundamentales y obligatorias son: Ciencias naturales y educación ambiental. Ciencias sociales, historia, geografía, constitución política y democracia. Educación artística. Educación ética y en valores humanos. Educación física, recreación y deportes. Educación religiosa. Humanidades, lengua castellana e idiomas extranjeros. Matemáticas.
Decreto 1860 de 1994 Decreto 1290 de 2009	<p>Decreto 1860. Define el currículo como el conjunto de criterios, planes de estudio, programas, metodologías y procesos que contribuyen a la formación integral de las personas. Además, es concebido de forma flexible, que permite relacionar la innovación y la adaptación a las características propias del medio cultural donde se aplica y las necesidades contextualizadas de los saberes específicos de las áreas (español, física, matemáticas, etc.)</p> <p>Decreto 1290. la necesidad de evaluar de los conocimientos, está definida en el Decreto, con el fin de monitorear la calidad de la educación. Para cumplir con lo anterior, se plantean los Lineamientos Curriculares, Estándares Básicos de Competencias (EBC) y los Derechos Básicos de Aprendizaje (DBA); de estos</p>	Estos decretos establecen la Educación formal por niveles, ciclos y grados. Además, la regulación del PEI, calendario académico, criterios de evaluación y promoción de orientaciones curriculares.

	documentos se puede concluir que el estudiante, según el Ministerio de Educación Nacional en su proceso de formación científica debe construir y manejar conocimientos, tener capacidad investigativa, curiosidad científica y deseo de saber.	
Lineamientos Curriculares de Ciencias Naturales (1998)	Los lineamientos constituyen puntos de apoyo y de orientación general frente al postulado de la Ley que nos invita a entender el currículo como "un conjunto de criterios, planes de estudio, programas, metodologías y procesos que contribuyen a la formación integral y a la construcción de la identidad cultural nacional, regional y local".	La Enseñanza de las Ciencias Naturales, particularmente de la física y sus prácticas de laboratorio. Es preciso acudir a los lineamientos curriculares en ciencias naturales como guía de estudio en el área del conocimiento para fomentar su apropiación. Respondiendo a la pregunta sobre qué se enseña y qué se aprende en la escuela, los lineamientos pretenden atender la necesidad de orientaciones y criterios nacionales sobre los currículos, sobre la función de las áreas y sobre nuevos enfoques para comprenderlas y enseñarlas. Desde luego, con variaciones de épocas, de culturas y con la finalidad de desarrollar el pensamiento científico, como parte fundamental en el desarrollo integral humano.
Estándares Competencias para las Ciencias Naturales (2006)	Los Estándares son criterios claros y públicos que permiten conocer lo que deben aprender nuestros niños, niñas y jóvenes, y establecen el punto de referencia de lo que están en capacidad de saber y saber hacer, en cada una de las áreas y niveles.	
Derechos Básicos de Aprendizaje (2016)	Los DBA se estructuran en coherencia con los Lineamientos Curriculares (LC) y con los Estándares Básicos de Competencias (EBC), en tanto plantean la secuenciación de los aprendizajes en cada área año a año, buscando desarrollar un proceso que permita a los estudiantes alcanzar los EBC propuestos por cada grupo de grados.	
Ley 1950 del 8 de enero de 2019	Por medio de la cual se aprueba el «acuerdo sobre los Términos de la adhesión de la república de Colombia a la Convención de la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos» (OCDE), suscrito en París, el 30 de mayo de 2018 y la «convención de la organización para la Cooperación y el desarrollo económicos», hecha en París el 14 de diciembre de 1960.	La adhesión de Colombia a la OCDE ha permitido establecer políticas públicas para mejorar las prácticas en diferentes dimensiones, entre las cuales se encuentra la educación como un pilar fundamental.
Ley 1958 de 18 de junio de 2019	Por medio de la cual se aprueba el «Acuerdo entre la República de Colombia y la Organización para la Cooperación y Desarrollo Económicos (OCDE) sobre Privilegios, Inmunities y Facilidades otorgados a la Organización», suscrito en Punta Mita, México, el 20 de junio de 2014.	

CAPITULO III. DISEÑO METODOLÓGICO

3.1 Enfoque

La revisión de literatura propuesta en este trabajo está fundamentada desde el enfoque cualitativo, puesto que se tiene un interés por las implicaciones sociales de un fenómeno en particular, y será investigado a partir de “la producción teórica constitutiva del saber acumulado, que lo enfoca, lo describe, y lo contextúa desde distintas disciplinas, referentes teóricos y perspectivas metodológicas” (Hoyos, 2000, p. 21). De acuerdo con lo anterior, se pretende realizar un análisis de la producción académica identificada en diversas fuentes de información como artículos de revistas y memorias de eventos especializados, en los que se puedan identificar diversas estrategias y recursos que han sido propuestos para fortalecer la implementación del trabajo experimental en la enseñanza de la física, buscando favorecer la construcción de aprendizajes significativos en los estudiantes de secundaria.

Desde la perspectiva de Hoyos (2000), una investigación documental realiza un proceso de forma espiral sobre un fenómeno, que suscita interés por las aplicaciones sociales y culturales, generando aportes, referentes teóricos y perspectivas metodológicas. Se recurre a la hermenéutica, la cual facilita la comprensión o el entendimiento crítico y objetivo del sentido; como una ciencia de interpretación que parte de la investigación del fenómeno y llega a la comprensión y transformación. El tipo de investigación documental definida para este trabajo está enmarcado por Uribe (2013) citado por Arias (2016), quien lo define como un estudio metódico, sistemático y ordenado con objetivos definidos, documentos escritos, fuentes de información digital, contenidos y referencias bibliográficas; que sirven para la comprensión del problema, la definición de nuevos hechos o situaciones problema, en la orientación de nuevas fuentes de investigación en la construcción del saber.

3.2 Método de Investigación Documental

Bajo el enfoque de Hoyos (2000), la investigación documental tiene como propósito dar a conocer las investigaciones que se han tratado sobre el tema de esta revisión; que, para el caso del presente trabajo, se refiere a las estrategias y recursos empleados para la implementación del trabajo experimental en la enseñanza de la física a nivel de secundaria. Se entiende entonces la investigación documental como un diagnóstico de los trabajos encontrados y desarrollados hasta el momento; además, implica, de acuerdo con Arias (2016, p. 69)

- Trascender los parámetros de lo conocido y abordar los antecedentes; cuánto se sabe y cuánto se desconoce sobre el tema.
- Alcanzar un conocimiento crítico acerca del nivel de comprensión que se tiene del fenómeno.
- Ser fuente de conocimiento, obtener datos sobre tendencias y perspectivas metodológicas, enfoques teóricos y disciplinarios dados al objeto de estudio.
- Partir de la ubicación textual hacia una comprensión contextual; leer el texto en el contexto.

Este método de investigación documental está compuesto por cinco fases que son: la fase preparatoria (cómo se realizará el estudio), la descriptiva (trabajo de campo), la interpretativa por núcleo temático (análisis de documentos por temáticas), la de construcción teórica global (consolidación de resultados), la de extensión y publicación (proyectar el producto de la investigación a la comunidad académica). En la Tabla 1 se describen los propósitos de cada una de estas fases y las actividades desarrolladas para el propósito de este trabajo.

Tabla 1. Fases de la investigación documental

	Fase	Descripción	Actividades
I.	Preparatoria	Esta fase tiene como propósito identificar el problema de investigación, definir los objetivos, el tema, los referentes teóricos y metodológicos para el desarrollo del trabajo.	Durante esta fase se definió como temática el <i>trabajo experimental en la enseñanza de la física a nivel de secundaria</i> , y como referente teórico el <i>Aprendizaje Significativo Crítico</i> desde la perspectiva de Moreira. Se establecieron los núcleos temáticos y los factores que se presentan en la Tabla 2. Se diseñó un formulario para registrar la información de la revisión de literatura. Y se estructuró una matriz metodológica para orientar el proceso de categorización y codificación de la información.
II.	Descriptiva	En esta fase se identifican los antecedentes del estudio, las fuentes de información y se seleccionan las unidades de análisis que serán el objeto de estudio.	Durante esta fase se identificaron revistas en el ámbito de la educación en general, la educación en ciencias y la enseñanza de la física. Se realizó una selección de las revistas de acuerdo con la relevancia en el campo de estudio. Se realizó una búsqueda manual para la selección de los artículos, de acuerdo con el tema y el nivel escolar. Se definieron los criterios de inclusión y exclusión para determinar las unidades de análisis que fueran

III. Interpretativa por núcleo temático	Esta fase tiene como propósito realizar el análisis de los documentos de acuerdo con los núcleos temáticos definidos.	coherentes con los propósitos de la revisión. Durante esta fase se realizó la lectura de cada una de las unidades de análisis, mediante un proceso de codificación que permitió identificar los factores definidos para cada núcleo temático. A partir de la codificación, se diligenció el formulario para cada unidad de análisis, con el propósito de registrar la información correspondiente a cada núcleo.
IV. Construcción teórica global	En esta fase se realiza la interpretación de los hallazgos por cada núcleo temático para identificar el estado actual de la literatura en relación con el problema de investigación.	Durante esta fase se reunió la información por cada núcleo temático para elaborar la discusión sobre los principales hallazgos, tendencias, dificultades, puntos de encuentro y de divergencia entre los autores, y dar respuesta a la pregunta de investigación.
V. Extensión y publicación	En esta fase se realiza la publicación y divulgación del trabajo final.	Luego de finalizar el proceso de revisión documental y de escritura de la monografía, se espera dar cuenta de los resultados de la investigación, por medio de la escritura de un artículo para ser sometido a evaluación por una revista de publicación nacional. Así mismo, se alojará el trabajo final en el repositorio institucional de la Universidad.

En estas fases se hace referencia a algunos conceptos 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 los elementos que se destacan como relevantes en las unidades de análisis. La delimitación temática para el presente trabajo se definió como la experimentación en la enseñanza de la física en secundaria, en un rango de 10 años, de 2011 a 2020, y como unidades de análisis se seleccionaron artículos de revistas nacionales e internacionales. En la Tabla 2 se describen los núcleos temáticos y los factores que fueron objeto de estudio del presente trabajo.

Tabla 2. Núcleos temáticos y factores definidos para la revisión de literatura

Núcleos Temáticos	Factores
Producción académica relacionada con el trabajo experimental en la enseñanza de la física en secundaria.	Población, país, referentes teóricos de aprendizaje, conceptos de física abordados, perspectivas sobre el trabajo experimental, fuentes de información utilizadas, materiales para el trabajo experimental, estrategias o metodologías de enseñanza, papel del estudiante.
Estrategias y recursos para la implementación del trabajo experimental que favorezcan el aprendizaje de la física a nivel de secundaria.	Referentes teóricos de aprendizaje, conceptos de física abordados, perspectivas sobre el trabajo experimental, estrategias o metodologías de enseñanza, fuentes de información utilizadas, materiales para el trabajo experimental (instrumentos, equipos, software, recursos TIC).
Contribución de la producción académica sobre trabajo experimental como referente para el quehacer de los docentes.	Propósito del trabajo, papel del estudiante, potencialidades de los recursos utilizados.

3.3 Procedimientos de Recolección de Información

Para la recolección de información, se partió de un listado de 53 revistas, de las cuales se eligieron 22 (8 nacionales y 14 internacionales) encontradas en las principales bases de datos: Science Direct, Scopus, Web of Science y Google Scholar; 18 de ellas están indexadas u homologadas por Publindex en los niveles de la educación en general, de la educación en ciencias y de la enseñanza de la física, como se muestra en la Tabla 3.

Tabla 3. Revistas para la revisión de literatura

Nivel	ISSN	Nombre de la Revista	Categoría Colciencias	Ámbito
Educación	0123-1294	Educación y Educadores	B	Nacional
	1794-4449	Revista Lasallista de Investigación	B	Nacional
	0124-5821	Revista virtual Universidad Católica del Norte	B	Nacional
	2216-0159	Praxis & Saber	C	Nacional
	1657-4249	Unipluriversidad	C	Nacional
	0120-1700	Actualidades pedagógicas	C	Nacional
	2174-5374	Educación XXI	A1	Internacional
	1607-4041	Revista Electrónica de Investigación Educativa	A2	Internacional
	0718-5006	Formación universitaria	A2	Internacional
	0121-3814	Tecné, Episteme y Didaxis: TED	C	Nacional
0124-2253	Revista científica	C	Nacional	

Enseñanza de las ciencias	2174-6486	Revista de Investigación y Experiencias Didácticas	A2	Internacional
	1697-011X	Revista Eureka sobre enseñanza y divulgación de las ciencias	A2	Internacional
	1573-1901	Science & Education	A1	Internacional
	1518-8795	Investigações em Ensino de Ciências IENCI	C	Internacional
	1850-6666	Revista Electrónica de Investigación en Educación en Ciencias	NA	Internacional
	1984-2686	Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências	NA	Internacional
Enseñanza de la física	1806-9126	Revista Brasileira de Ensino de Física	B	Internacional
	2224-7939	Revista cubana de física	C	Internacional
	2683-2224	Revista mexicana de física	C	Internacional
	1870-9095	Latin American Journal of Physics Education	NA	Internacional
	0326-7091	Revista Enseñanza de la Física	NA	Internacional

De acuerdo con los criterios establecidos para dicha revisión se seleccionaron los documentos que corresponden a los núcleos temáticos descritos en la Tabla 2; en cada unidad de análisis se identificaron los factores presentados en la misma tabla. Para lo anterior, se diseñó como instrumento para el registro de la información, un formulario de Google Docs (<https://forms.gle/ESSCoNy6FS1rfKVC9>), en el que se sistematizaron los factores de cada documento para el análisis y discusión, como se muestra en la Tabla 4.

Tabla 4. Estructura del formulario para registro de información

Componente del formulario		Elementos tenidos en cuenta en cada componente	
Factores iniciales	Autores	Tipo de Documento: artículo de investigación, artículo de reflexión, artículo de revisión de literatura o estado del arte,	Nombre de la revista o editorial
	Título	trabajo de investigación de maestría, tesis de doctorado,	Universidad del autor del trabajo de investigación o tesis
	Año de publicación	memoria de evento (congreso, simposio, encuentro...), libro y otros	Nombre del evento
	País	Tipo de investigación: cualitativa, cuantitativa y mixta	Referencia con normas APA
	Idioma: español, inglés y portugués	Referente teórico de aprendizaje	¿Cómo se refieren al trabajo de laboratorio?
Características generales	Resumen (en español)	Referente o perspectiva del trabajo práctico de laboratorio	Otros referentes teóricos
	Palabras clave		

Principios pedagógico-didácticos	Fuentes de información utilizadas o propuestas para el desarrollo del trabajo práctico de laboratorio (libros de texto, páginas web, blogs, entre otros)	Materiales utilizados para el trabajo práctico de laboratorio (instrumentos, sensores, equipos, softwares especializados...)	Estrategias o metodologías de enseñanza ¿Cómo es el papel del estudiante en el trabajo práctico de laboratorio?
Otros factores	Ideas importantes	Conclusiones	Observaciones

En la búsqueda, se priorizaron las revistas con mayor impacto e índice de publicaciones en el campo de la educación en ciencias naturales y en la enseñanza de la física; en cada una de las revistas se realizó una búsqueda manual en todos los números y volúmenes para el rango de años seleccionados. A partir del primer filtro en el que se tuvieron en cuenta los títulos de los artículos, resúmenes y palabras clave, se identificaron 198 artículos que cumplían los criterios definidos para la revisión. Luego, se realizó un segundo filtro en el cual, de los artículos encontrados, se seleccionaron las propuestas de experimentación en la enseñanza de la física en secundaria, donde se identificaron 98 artículos con el criterio definido. Por último, se optó por un tercer filtro donde se utilizaron algunos criterios de exclusión como reflexiones teóricas, revisiones documentales y artículos que describían de manera instrumental los experimentos; a partir de lo cual se eligieron finalmente 41 artículos como unidades de análisis.

CAPÍTULO IV. RESULTADOS Y ANÁLISIS

Los documentos seleccionados para la presente revisión corresponden a artículos de investigación (36) y publicaciones de eventos académicos (5) que se consideraron relevantes para el propósito del trabajo. De estos documentos el 73% corresponden a investigaciones cualitativas y el 27% a investigaciones cuantitativas; así mismo, las revistas correspondientes a estas publicaciones y sus autores se presentan en la Tabla 5.

Tabla 5. Artículos encontrados en las revistas consultadas

Nivel	Nombre de la Revista	Cantidad de Artículos	Autores
Educación	Unipluriversidad	1	García y Rentería (2011a)
	Revista Electrónica de Investigación Educativa	1	Domínguez (2013)
	Tecné, Episteme y Didaxis: TED	4	García y Rentería (2011b); Acevedo, Porro y Adúriz (2013); Méndez y Rodríguez (2014); Quintero (2018)
	Revista científica	2	Osorio y Patiño (2011); Cifuentes y Reyes (2013)
Enseñanza de las ciencias	Enseñanza de las ciencias: revista de investigación y experiencias didácticas	2	Sánchez (2017); Da Silva y Orkiel (2017)
	Revista Eureka sobre enseñanza y divulgación de las ciencias	10	Torres (2011); Ezquerra, Iturrioz y Díaz (2012); Petit y Solbes (2015); Calderón, Núñez, Di Laccio, Iannelli y Gil (2014); Arandia, Zuza y Guisasola (2016); Dávila (2017); López, Grimalt y Couso (2018); Roldán, Perales, Ruiz, Moral y de la Torre (2018); Soto, Couso y López (2018); Tomas y Hurtado (2019)
	Science & Education	3	Alpaslan, Yalvac y Loving (2017); Hardahl, Wickman y Caiman (2019); Ha y Kim (2020)
	Investigações em Ensino de Ciências	1	Prados y Da Silva (2013)
	Revista Electrónica de Investigación en Educación en Ciencias	1	Franzoni, Laburú y Da Silva (2011)
Enseñanza de la física	Revista Brasileira de Ensino de Física	7	Hessel, Canola y Vollet (2013); Fanaro, Arlego y Otero (2014); Michels y Zannin (2019); Mendes, Machado y Cardoso (2011); Silva, Germano y Mariano (2011); Ribeiro, Cunha y Laranjeiras (2012); Silveira, Barthem y Santos (2019)
	Latin American Journal of Physics Education	4	Gil y Di Laccio (2017); Sinning y Sánchez (2019); Boscolo y Loewenstein (2011); Habte (2020)

Revista Enseñanza de la Física	5	Dima, Reynoso y Glusko (2015); Alemán (2015); Mesa (2019); Braga y de Franca (2015); Cortela y Sanson (2019)
--------------------------------	---	--

A continuación, se discuten los principales hallazgos para cada una de los núcleos temáticos descritos en la Tabla 2.

4.1 Producción académica relacionada con el trabajo experimental en la enseñanza de la física en secundaria.

El primer núcleo temático de la presente revisión corresponde a la producción académica relacionada con el trabajo experimental en la enseñanza de la física en secundaria; donde los artículos encontrados se clasificaron según año de publicación, país donde se realizó el estudio, idioma, tipo de documento, referentes teóricos de aprendizaje, conceptos de física abordados, perspectivas sobre el trabajo experimental, fuentes de información utilizadas, materiales para el trabajo experimental, estrategias o metodologías de enseñanza y el papel del estudiante. Cada uno de estas clasificaciones se describirán a continuación de acuerdo con lo encontrado en las unidades de análisis.

La producción académica relacionada con los trabajos experimentales en la enseñanza de la física en los últimos 10 años, no fue una producción considerable como se debería esperar con relación al tema de la física y su dinamismo; pero para efectos de este trabajo en las figuras 2 a 4 se presenta la distribución de las unidades de análisis según el año de publicación, el país en el que se realizó el estudio y el idioma respectivamente.

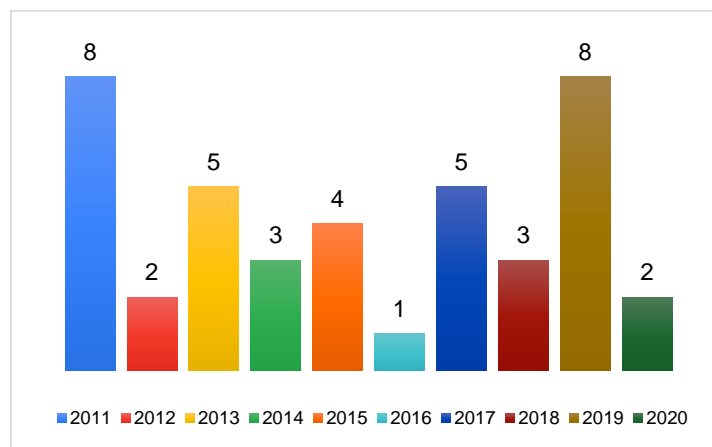


Figura 2. Cantidad de artículos por año de publicación

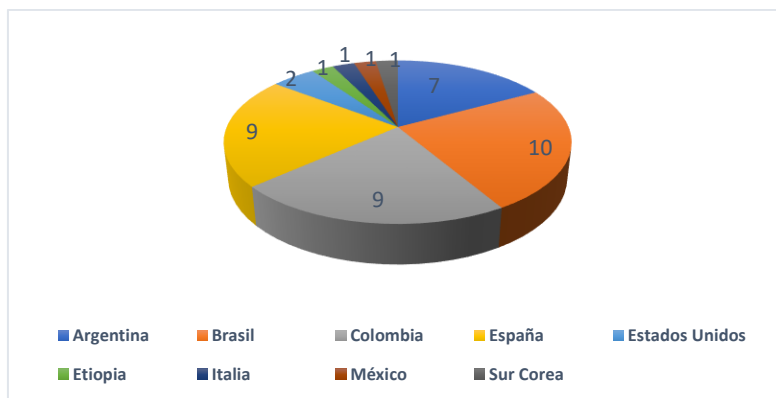


Figura 3. Cantidad de artículos por País

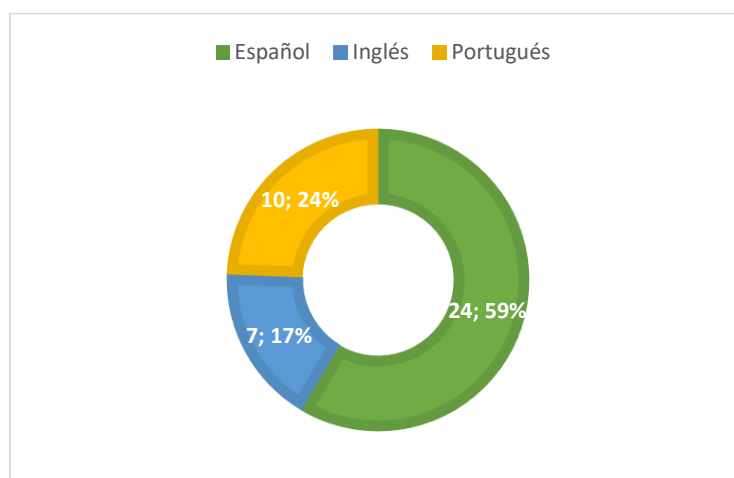


Figura 4. Cantidad de artículos por Idioma

En las figuras se identifica que en los años 2011 y 2019 la producción académica fue mayor, con un total de ocho artículos cada año y el 2016 fue el de menor cantidad de publicaciones encontradas; en los demás años hubo una producción académica en promedio de entre tres y cuatro publicaciones. Lo anterior da un indicio sobre la escasez de investigaciones sobre la inclusión de la física experimental a nivel de secundaria en las fuentes de información consultadas.

En relación con los referentes teóricos de aprendizaje, en las unidades de análisis revisadas se identificó que autores como Torres (2011) y Ezquerro, Iturriz y Díaz (2012) utilizan como referente el aprendizaje colaborativo, que consiste en que los estudiantes trabajen en conjunto, 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; así

mismo, los estudiantes aprenden a aprender y desarrollan habilidades para trabajar no solo individual sino también colectivamente (Pérez y Guitert, 2013). Otros autores como García y Rentería (2011a, 2011b) se refirieron a la modelización experimental como el principal referente para orientar el diseño de estrategias didácticas; este referente consiste en integrar la enseñanza de los conceptos y las teorías científicas, con los procedimientos propios de la producción científica y el contexto de uso de las ciencias fundamentalmente con el constructivismo, puesto que ubica al estudiante como protagonista en la construcción de su propio conocimiento.

En esta misma línea de discusión, autores como Dima, Reynoso y Glusko (2015) y Gil y Di Laccio (2017) emplean como referente el aprendizaje activo, donde se hace énfasis en el rol activo de quien aprende y su finalidad es que los estudiantes construyan su propio conocimiento; y, por otro lado, implementaron los proyectos experimentales para facilitar la integración de conceptos y procedimientos en el proceso de aprendizaje los estudiantes. En las unidades de análisis restantes se identificó que predomina el enfoque constructivista; no obstante, no especificaron referentes teóricos de aprendizaje predominantes.

En cuanto a referentes o perspectivas utilizadas para fundamentar la implementación de trabajos prácticos de laboratorio, se encontró que predominan autores como Hodson (1994, 2003) y Gil-Pérez (1994, 2005, 2006). Hodson (1994), presenta los trabajos prácticos de laboratorio (TPL) de dos formas; por un lado, como investigaciones personales poco estructuradas y por otro, como ejercicios prácticos de acuerdo con un conjunto de indicaciones explícitas; es decir, se clasifican los TPL según sean abiertos o cerrados, en otras palabras, el diseño corre por cuenta de los alumnos o por cuenta del profesor. Así mismo, se hace alusión a la concepción de trabajo experimental adoptada por autores como Clandinin (1985, 1989), López-Gay, Jiménez Liso y Martínez-chico (2015), Sandoval y Reiser (2004), Hammer et al. (2005); Leder (1990), Etkina et al. (2010); Staer et al. (1998), quienes coinciden en la importancia de la implementación de trabajos de laboratorio en secundaria. Sin embargo, en un gran número de unidades de análisis (28) no especifican el referente en el que fundamentaron sus propuestas de enseñanza.

En esta misma línea, un aspecto importante que se consideró en la revisión de literatura fue la forma en la cual los autores se referían al trabajo experimental, lo cual se presenta en la Tabla 6.

Tabla 6. Tipos de nominación de los Trabajos Experimentales empleados en las unidades de análisis

Tipos de Nominación de Trabajo Experimental	Cantidad de Artículos	Autores
Actividad experimental	3	Calderón, Núñez, Di Laccio, Iannelli y Gil (2014); Habte (2020); Braga y de Franca (2015)
Experiencia	1	Fanaro, Arlego y Otero (2014)
Experimentación 3D	1	Franzoni, Laburú y Da Silva (2011)
Experimento	7	Gil, Di Laccio (2017); Hardahl, Wickman y Caiman (2019); Michels y Zannin (2019); Mendes, Machado y Cardoso (2011); Ribeiro, Cunha y Laranjeiras (2012); Silveira, Barthem y Santos (2019); Cortela y Sanson (2019)
Laboratorio	6	Torres (2011); Osorio y Patiño (2011) Ezquerro, Iturrioz y Díaz (2012); Dima, Reynoso y Glusko (2015); Quintero (2018); Alpaslan, Yalvac y Loving (2017)
Modelización experimental	2	García y Rentería (2011a); García y Rentería (2011b)
Trabajo experimental	8	Sánchez (2017); Soto, Couso y López (2018) Tomas y Hurtado (2019); Sinning y Sánchez (2019); Boscolo y Loewenstein (2011); Hessel, Canola y Vollet (2013); Prados y Da Silva (2013); Da Silva y Orkiel (2017)
Trabajo práctico de laboratorio	5	Acevedo, Porro y Adúriz (2013); Cifuentes y Reyes (2013); Alemán (2015); Mesa (2019) Ha y Kim (2020)
No se especifica	8	Domínguez (2013); Méndez y Rodríguez (2014) Petit y Solbes (2015); Arandía, Zuza y Guisasola (2016); Dávila (2017); López, Grimalt y Couso (2018); Roldán, Perales, Ruiz, Moral y de la torre (2018); Silva, Germano y Mariano (2011)

Como se observa en la Tabla 6, predomina el uso de los términos experimento y trabajo experimental; lo que coincide con la nominación descrita en el marco teórico de la presente revisión. No obstante, a pesar de las diferentes nominaciones encontradas en la literatura, en los trabajos revisados prima 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.

Por su parte, los campos de la física abordados por los autores en sus trabajos se presentan la Tabla 7.

Tabla 7. Campos de la física abordados en los trabajos

Campos de la física	Cantidad de Artículos	Autores
Electromagnetismo	4	Alemán (2015); Franzoni, Laború y Da Silva (2011); Mendes, Machado y Cardoso (2011); Braga y de Franca (2015)
Fluidos, Termodinámica y Electricidad	1	Torres (2011)
Mecánica	17	Ezquerria, Iturrioz y Díaz (2012); Domínguez (2013); Acevedo, Porro y Adúriz (2013); Méndez y Rodríguez (2014); Gil, Di Laccio (2017); Sánchez (2017); Roldán, Perales, Ruiz, Moral y de la torre (2018); Soto, Couso y López (2018); Tomas y Hurtado (2019); Sinning y Sánchez (2019); Boscolo y Loewenstein (2011); Hessel, Canola y Vollet (2013); Alpaslan, Yalvac y Loving (2017); Ha y Kim (2020); Silva, Germano y Mariano (2011); Ribeiro, Cunha y Laranjeiras (2012); Da Silva y Orkiel (2017)
Mecánica Cuántica	1	Fanaro, Arlego y Otero (2014)
Mecánica, Termodinámica y Electromagnetismo	1	Dima, Reynoso y Glusko (2015)
Ondas	1	Silveira, Barthem y Santos (2019)
Ondas y Dinámica	1	Petit y Solbes (2015)
Óptica	1	Prados y Da Silva (2013)
Óptica y Ondas	1	Hardahl, Wickman y Caiman (2019)
Termodinámica	10	García y Rentería (2011a, 2011b); Osorio y Patiño (2011); Cifuentes y Reyes (2013); López, Grimalt y Couso (2018); Quintero (2018); Mesa (2019); Habte (2020); Michels y Zannin (2019); Cortela y Sanson (2019)
No lo especifican	3	Calderón, Núñez, Di Laccio, Iannelli y Gil (2014); Arandia, Zuza y Guisasola (2016); Dávila (2017)

Como se observa en la Tabla 7, se encontró que 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.

En la siguiente categoría 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.

Esta categoría fue orientada en los principios pedagógico-didácticos propuestos por Moreira en la Teoría del Aprendizaje Significativo Crítico (López, 2014). Estos principios, se enfocan en la no centralización de libros de texto y la no utilización de la pizarra, y están direccionados a encontrar estrategias y recursos que proporcionen un aprendizaje más activo, y a superar las dificultades de la educación tradicional. Por lo tanto, en las unidades de análisis se indagó por las estrategias y los recursos propuestos por los autores, que favorecen el aprendizaje de la física a nivel de secundaria a partir de la implementación del trabajo experimental.

4.2.1 Diversidad de Estrategias

En primer lugar, el principio de la no utilización de la pizarra, la participación activa del alumno y la diversidad de estrategias (Moreira, 2015), se identificó en las unidades de análisis con las diversas estrategias empleadas por los diferentes autores en busca de mejorar su quehacer docente, y para la implementación de prácticas de laboratorio con el propósito de inspirar la creatividad, formar estudiantes más activos, propositivos y favorecer el aprendizaje significativo; lo que de acuerdo con Moreira (2005) corresponde a una educación mucho más acorde con la época actual.

Según Anijovich y Mora (2009), una estrategia de enseñanza es un conjunto de decisiones y orientaciones generales acerca cómo enseñar un contenido disciplinar que el docente debe definir. Por lo tanto, en las unidades análisis encontradas y en cumplimiento con el principio de diversidad de estrategias propuesto por Moreira (2005), se encontró que los autores implementan principalmente estrategias propias a los escenarios fundamentales de la didáctica de la física, que son: la resolución de problemas, el uso de Tecnologías de la Información y la Comunicación, la Naturaleza de las Ciencias y la Argumentación. Así mismo, se encontró que gran parte de las unidades de análisis se relacionan con los tipos de trabajos prácticos de laboratorio propuestos por Caamaño (2011) como son: investigaciones, ejercicios prácticos y experiencias. A continuación, se discute cada una de estas estrategias.

En relación con la *resolución problemas*, los autores García y Rentería (2011a y 2011b) la implementan a partir del diseño de situaciones contextualizadas por medio de la modelización experimental, con el propósito de mejorar la capacidad de los estudiantes reemplazando la recitación y memorización por un análisis cualitativo y sistemático en las experiencias de laboratorio. De igual manera, Habte (2020) utiliza la estrategia de resolución de problemas y la experimentación por medio de la enseñanza asistida por visualización de simulaciones, obteniendo un mejor rendimiento por parte de los estudiantes; sin embargo, este último autor concluye que el método de enseñanza basado en las simulaciones, no aporta al rendimiento en la experimentación debido a las limitaciones de las actividades experimentales.

Por su parte, con el *uso de TIC*, Pinto (2011) menciona que las principales herramientas destinadas a facilitar el aprendizaje de la física mediante el trabajo experimental real o virtual se clasifican en: aplicaciones para elaborar ejercicios interactivos, representar la información, visualizar sistemas y fenómenos, crear modelos y sistemas de adquisición de datos. En relación con estas clasificaciones, se encontró en las unidades de análisis que los autores han implementado el uso de recursos que favorecen la visualización de imágenes dinámicas, la construcción de modelos computacionales, la captación de datos por medio de sensores y la interacción con fenómenos por medio de entornos virtuales para el aprendizaje de diversos conceptos de física, como se describe en la Tabla 8.

Tabla 8. Recursos TIC implementados en las unidades de análisis revisadas

Recurso TIC	Campos de la física	Fenómeno físico	Autores
Blogs, páginas web	Fluidos, termodinámica y electricidad	Presión, ley de Bernoulli, ley de Coulomb, campo eléctrico, resistividad, conexiones de resistencias	Torres (2011)
Physics tracker	Mecánica	Tiro Parabólico	Méndez y Rodríguez (2014)
Cámaras digitales, Digitizer, Physics tracker; Vernier	Mecánica, Termodinámica, Moderna, Metrología, Ópticas	Diversos fenómenos físicos asociados a cada campo de la física	Calderón, Núñez, Di Laccio, Iannelli y Gil (2014)
Modellus	Mecánica	Tiro horizontal, tiro oblicuo, caída dentro del agua, péndulo simple y oscilación amortiguada de un muelle	Sánchez (2017)
Pizarra digital interactiva	Termodinámica	Energía, calor y trabajo	López, Grimalt y Couso (2018)
Programación de simuladores de física (Octave similar a Matlab)	Mecánica	Tiro parabólico	Roldán, Perales, Ruiz,

Cámara de videos, Avidemux, VirtualDub, Physics tracker	Mecánica	Alcance máximo, velocidad, aceleración, Leyes de Newton, inercia, momento lineal, trabajo, energía cinética, energía potencial	Moral y de la torre (2018) Tomas y Hurtado (2019)
Videos, información en la web	Termodinámica	Radiación Nuclear	Mesa (2019)
Arduino IDE, PLX-DAQ	Termodinámica	Temperatura, Calor, Expansión Térmica, Gases ideales	Michels y Zannin (2019)
Modelación computacional SimQuest	Mecánica	Péndulo doble y atractor de lorenz	Silva, Germano y Mariano (2011)

Algunos autores mencionados en la Tabla 8, como Torres (2011), describen que la utilización de los recursos TIC favorece la pedagogía y la didáctica como complemento de las clases teórico - prácticas de física; permitiendo que los estudiantes adquieran un aprendizaje más colaborativo, autónomo y estén más motivados con su aprendizaje. Además, la utilización de los recursos multimedia beneficia un aprendizaje más duradero que las clases magistrales. Así mismo, Méndez y Rodríguez (2014), utilizan los recursos TIC para la enseñanza y el aprendizaje a partir de juegos cotidianos con situaciones abiertas y llamativas para los estudiantes, con el fin de confrontar los diferentes conocimientos previos y sus apreciaciones sobre los fenómenos físicos; es decir, permite ver lo cotidiano de los estudiantes desde el mundo de la física.

Los autores López, Grimalt y Couso (2018), usan las pizarras digitales interactivas como una herramienta digital en los procesos de enseñanza y aprendizaje, potencializando la comunicación, la modelización y de indagación; así mismo, mostrando una información multimodal y representaciones semióticas diversas que puedan generar un aprendizaje significativo en los estudiantes. De igual manera, para generar la motivación de los estudiantes en aprender conceptos físicos, Tomas y Hurtado (2019), desarrollaron actividades enfocadas en construir artefactos que puedan volar y tomar datos con la ayuda de los recursos TIC asociados al fenómeno, para su posterior análisis y estudio; mientras que, Cortela y Sanson (2019) desarrollan una secuencia didáctica por medio de videos experimentales caseros para tratar de entender la entropía, vinculando de una manera consciente la teoría a la vida cotidiana de los estudiantes.

Otro aspecto importante observado en la implementación de recursos TIC, son los laboratorios con equipos de adquisición de datos de bajo costo. Calderón, Núñez, Di Laccio,

Lannelli y Gil (2014), incorporan estos recursos en diversos experimentos de ciencia implementados en las aulas de clase como miniproyectos de investigación. Este tipo de propuestas tienen dos aristas, la primera es la brecha generacional y cultural de los docentes en relación con el uso de tecnologías, ya que lo ven como algo complejo y poco productivo; y por otro parte, es estar acorde con los adelantos tecnológicos y sus dinámicas e implementarlos en el aula, sin esperar a una adecuación de laboratorio propiciada por la institución en la que se labore. Además, los laboratorios de bajo costo también se pueden construir, como en el caso de Michels y Zannin (2019), quienes utilizan la estrategia de fabricación de kits experimentales con sensores Arduino, para las mediciones de temperatura, calor, expansión térmica y gases ideales.

En esta misma línea, se encontró que la utilización de simulación y modelación computacional en la enseñanza de la física continúa siendo recurrente; como en el caso de Sánchez (2017) quien realizó un trabajo experimental de física con la ayuda del programa Modellus, para modelar el fenómeno físico de tiro horizontal, con el fin de evaluar en el estudiante la comprensión de la teoría. Así mismo, Roldán, Perales, Ruiz, Moral y de la Torre (2018), desarrollan una propuesta didáctica con dos objetivos: la enseñanza de programación para simulaciones de física y la enseñanza de los conceptos de los fenómenos físicos. Este tipo de propuestas no reemplazan el trabajo de laboratorio, pero tienen mayores ventajas cuando los experimentos son difíciles de realizar. De igual forma, Silva, Germano y Marino (2011), presentan la herramienta de modelización computacional SimQuest, para favorecer la enseñanza de la física, con objetos de aprendizaje con múltiples recursos gráficos. Similarmente, Ribeiro, Cunha y Laranjeiras (2012), proponen el uso de la simulación experimentos históricos utilizando el software Modellus, donde se analiza el fenómeno de la caída libre de los cuerpos. Y, por último, Da Silva y Orkiel (2017), diseñaron una propuesta donde utilizaron las grabaciones de video y la aplicación del software Tracker, para facilitar la comprensión de conceptos relacionados con el movimiento uniformemente acelerado y la comprensión de movimientos en dos dimensiones. Este tipo de actividades utilizan el trabajo colaborativo y las situaciones cotidianas de los estudiantes para integrar la teoría con el contexto.

Continuando con la implementación de diversas estrategias, Ribeiro, Cunha y Laranjeiras (2012), proponen el uso de la *naturaleza de las ciencias* vinculada a la implementación de TIC para aportar una estrategia didáctica de modelización de experimentos históricos que favorece como alternativa diferente de los textos en enseñanza de la física. Este tipo de propuestas

aproxima a los alumnos a pensar de primera mano los razonamientos que los descubridores de los fenómenos físicos utilizaron para contextualizar las dimensiones históricas y empíricas del conocimiento científico.

En cuanto a estrategias como la *argumentación* en ciencias, Domínguez (2013), empleó los principios teóricos de los enfoques socioculturales y los análisis conversacionales para entender cómo se construyen y reconstruyen los significados sobre la energía. Utilizando el recurso de causa y/o consecuencia como una forma de explicar la vida cotidiana donde no se establecen interrelaciones causales. Se puede mencionar, que los alumnos se centran en los cambios experimentales y sus propiedades a través de uso de las causas. Por otra parte, Dávila (2017) propone que el desarrollo de los individuos tanto cognitivo como afectivo, afectan la enseñanza de las ciencias, ya que las emociones condicionan el proceso de aprendizaje; por tanto, la investigación propuesta por este último autor está centrada en la metodología, la evaluación y actitud que emplea el docente en sus clases de física; es decir, si en las clases de física se experimenta con mayor frecuencia emociones negativas como aburrimiento, nerviosismo y preocupación, puede afectar o condicionar el aprendizaje esta ciencia. Por último, Alpaslan, Yalvac y Loving (2017), utilizan las entrevistas para explorar la epistemología personal de los estudiantes relacionada con la física en las practicas científicas, encontrando como resultado incoherencia entre las definiciones sobre las teorías científicas y los juicios epistemológicos de los estudiantes. Además, el estudio presenta un hallazgo confuso por parte de los estudiantes entre la teoría científica y lo experimental, dando más precisión a lo experimental que a lo teórico. Así mismo, consideran que la experimentación es la única forma de probar las ideas de la ciencia.

Como se mencionó de la presente subcategoría, en las unidades de análisis se indagó por la relación entre la concepción de trabajo experimental manifestada por los autores y la clasificación de los trabajos prácticos de laboratorio propuesta por Caamaño (2011) descrita en el marco teórico. Dicha relación se presenta en la Tabla 9.

Tabla 9. Relación entre las unidades de análisis y la clasificación de los Trabajos Prácticos de Laboratorio.

Tipos de Trabajos Prácticos		Autores
Investigaciones		Ezquerria, Iturrioz y Díaz (2012); Gil, Di Laccio (2017); Cifuentes y Reyes (2013)
Experiencias		Quintero (2018); Fanaro, Arlego y Otero (2014); Hardahl, Wickman y Caiman (2019)
Ejercicios prácticos	Para el aprendizaje	Acevedo, Porro y Adúriz (2013); Dima, Reynoso y Glusko (2015); Alemán (2015); Soto, Couso y López (2018); Tomas y

destrezas	Hurtado (2019); Franzoni, Laburú y Da Silva (2011); Braga y de Franca (2015); Cortela y Sanson (2019)
Para ilustrar o comprobar teorías	Osorio y Patiño (2011); Boscolo y Loewenstein (2011); Hessel, Canola y Vollet (2013); Ha y Kim (2020); Mendes, Machado y Cardoso (2011); Prados y Da Silva (2013)

En primer lugar, Ezquerria, Iturrioz y Díaz (2012), emplearon en su investigación el estudio del movimiento rectilíneo, la caída libre y el péndulo, y su relación con los deportes. Estos autores asociaron los movimientos de lanzamientos, artes marciales y movimientos más complejos como son: choque de bolas y ruptura de hielo, para ilustrar la teoría en un escenario más habitual para el estudiante, favoreciendo un aprendizaje más duradero por su vinculación con la vida cotidiana. Por otro lado, Gil, Di Laccio (2017), realizaron una investigación basada en mini proyectos experimentales; donde los estudiantes apoyan su aprendizaje en inmersión o indagación, delimitando el problema de estudio, generando hipótesis, diseño de experimentos, recolección de datos, análisis de los resultados, elaboración de conclusiones, construcción de informes y trabajo en colaborativo; con la ayuda de teléfonos celulares inteligentes asociados a una aplicación para la toma de mediciones básicas en la experimentación de planos inclinados, poleas, resortes, soportes péndulos, etc. Estos trabajos se relacionan con los trabajos prácticos de laboratorio como *investigaciones* propuestos por Caamaño (2011), puesto que se centran en diseñar actividades a los estudiantes para acercarlos a la forma de trabajo de los científicos desde un enfoque indicativo de las ciencias y se plantean situaciones para las cuales se requieren “la comprensión conceptual de los fenómenos y la comprensión procedimental de las técnicas de investigación que confluyen en procesos cognitivos” (p. 151)

En relación con las *experiencias* en la enseñanza de la física, Quintero (2018), utilizó la estrategia de un cuadernillo de guía donde cada estudiante, luego de subir a cada una de las atracciones mecánicas de un parque de diversiones, describía las sensaciones percibidas y algunos datos reales como la altura de la atracción, la masa de los cuerpos, el tiempo, entre otros; con el propósito de identificar variables asociadas a diversos fenómenos experimentados en el parque. Por otra parte, Fanaro, Arlego y Otero (2014), realizan una experimentación con la doble rendija del método de Feynman de suma de caminos múltiples, desde un punto de vista de la mecánica cuántica, presentando una secuencia didáctica que incluye una descripción de la refracción y refracción de la luz. Por último, Hardahl, Wickman y Caiman (2019), presentan una serie de eventos donde trabajan el papel del cuerpo en la producción de fenómenos científicos, por medio del jugueteo, entendido como una manipulación de instrumentos por parte del estudiante, antes de realizar el trabajo experimental. Los trabajos mencionados

anteriormente se relacionaron con los trabajos prácticos como experiencias propuestas por Caamaño (2011), dado que son “actividades prácticas destinadas a familiarizarse con los fenómenos, ilustrar principios o dar oportunidad para predecir y explicar fenómenos” (p.145)

Las unidades de análisis que trabajaron los *ejercicios prácticos en el aprendizaje de destrezas*, corresponden a autores como Acevedo, Porro y Adúriz (2013), quienes desarrollaron una secuencia didáctica sobre las fuerzas y el movimiento. Así mismo, Dima, Reynoso y Glusko (2015), realizaron una propuesta didáctica donde relacionaron la corriente eléctrica y el potencial eléctrico. También, Alemán (2015), empleó un trabajo práctico de laboratorio en el aula, con características lúdicas con el fin que los estudiantes tomaran decisiones en relación con diversas actividades sobre reflexión múltiple en espejos planos con diversos ángulos y la obtención de imágenes. Soto, Couso y López (2018), realizaron un montaje de una rueda de frenado con el propósito de favorecer la observación y al palpar el fenómeno físico de la conservación y degradación. Otro montaje que facilita la observación de fenómenos físicos fue propuesto por Tomas y Hurtado (2019), quienes emplearon una estrategia didáctica con la creación de un cohete de aire comprimido con el fin de observar el fenómeno físico presente en el vuelo del artefacto.

Por otra parte, Franzoni, Laburú y Da Silva (2011), utilizaron un montaje de laboratorio de electrodinámica de circuitos eléctricos, para que los estudiantes realizaran el montaje y posteriormente, realicen un dibujo técnico bajo el principio de multimodalidad representativa, afianzaran la práctica experimental. Ahora bien, Braga y Franca (2015), usaron la estrategia didáctica de construir las herramientas para evidenciar los fenómenos físicos como son la paja electrostática, los péndulos electrostático simple y doble, entre otro; mientras que Cortela y Sanson (2019), realizaron una secuencia didáctica para abordar conceptos de termodinámica usando los videos cotidianos de los estudiantes para trabajar más específicamente la entropía.

En cuanto a los *ejercicios prácticos para corroborar teorías*, Osorio y Patiño (2011), emplearon los conceptos de termodinámica y verificaron el calor y temperatura bajo la estrategia de experimentación directa con el fenómeno y la observación del equilibrio térmico. Así mismo, Boscolo y Loewenstein (2011), utilizaron la corroboración del experimento resorte-masa, buscando una discrepancia entre la teoría y el experimento. Otro aspecto que se encontró en las unidades de análisis, fue la experimentación de la segunda ley de Newton por Ha y Kim (2020), bajo una estrategia de laboratorio cerrado y una guía del docente. Del mismo modo, Mendes, Machado y Cardoso (2011) realizaron una propuesta de relacionar la carga-masa del electrón, bajo el criterio de experimentos accesibles participando desde el montaje y

la obtención de la corroboración. Por último, Prados y Da Silva (2013), usan una estrategia didáctica para la demostración de experimentos de la óptica.

En conclusión, los trabajos relacionados con la implementación de ejercicios prácticos, se caracterizan por contemplar “actividades diseñadas para aprender a determinar los procedimientos o destrezas o para realizar experimentos que ilustren o corroboren la teoría” (p.145); lo que se identificó en la mayor parte de las unidades de análisis, posiblemente por favorecer el desarrollo de habilidades en los estudiantes como la clasificación de objetos, la identificación de propiedades, el cálculo de estimaciones, el uso correcto de instrumentos, entre otras; no obstante, como lo menciona Caamaño (2011),

son trabajos prácticos fácilmente susceptibles de ser convertidos en investigaciones, sin más que modificar la manera en que son presentados y realizados, lo que da a los alumnos la oportunidad de plantearse y planificar ellos mismos el procedimiento por seguir para resolver el problema que se les propone. (p. 151)

4.2.2 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 fuentes de información que los docentes y alumnos tienen a su alcance. De esta manera, en la Tabla 10 se describen los recursos educativos que se hallaron en las unidades de análisis que fueron implementados por los autores y que corresponden a materiales diferentes a los libros de texto. Estos se clasificaron en recursos web, software, materiales físicos, recursos audiovisuales y montajes experimentales; a su vez, se muestran los que emplearon varios de ellos.

Tabla 10. Diversidad de recursos y materiales

Tipos de recursos	Clasificación	Autores
Recursos Web	Blogs	Torres (2011)
	Modellus	Sánchez (2017)
Software	Aviméca	Ezquerro, Iturrioz y Díaz (2012)
	Physics tracker	Méndez y Rodríguez (2014)
	Frequency Sound Generador, Smart Measure, Physics Toolbox, Androsensor, Camera Ruler Angle Meter, Science Journal	Gil, Di Laccio (2017)
	Octave similar a Matlab	Roldán, Perales, Ruiz, Moral y de la torre (2018)

	Software de simulaciones calimetría, calor de fusión y calor vaporización	Habte (2020)
	Geogebra y Modellus	Fanaro, Arlego y Otero (2014)
Materiales Físicos	Beaker	Osorio y Patiño (2011)
	El cuerpo	Acevedo, Porro y Adúriz (2013)
	Espejos, Punteros Lazer y hojas de Papel	Alemán (2015)
	Atracciones Mecánicas Parque Diversiones	Quintero (2018)
	Bicicleta con un frenado hidráulica	Soto, Couso y López (2018)
	Puntero láser, polvo de tiza, velas, retroproyector, prisma acrílico, colores primarios, bombillos, espejo plano, espejo cóncavo.	Prados y Da Silva (2013)
	Pajitas para beber, plastilina, corchetes, papel de aluminio, cartón, cuerda de nylon REVISAR	Braga y de Franca (2015)
	Instrumentos de laboratorio	Hardahl, Wickman y Caiman (2019)
Recursos audiovisuales	Videos	Mesa (2019)
	Videos experimentales de la vida cotidiana, Fritura de huevos, Hielo que se derrite, Disolución del café, Dispersión de gotas de desodorante	Cortela y Sanson (2019)
Montaje	Experimental del muelle-masa	Boscolo y Loewenstein (2011)
	Experimental segunda ley de Newton	Hessel, Canola y Vollet (2013)
	Observación segunda ley de Newton.	Ha y Kim (2020)
	Laboratorio de circuitos eléctricos.	Franzoni, Laburú y Da Silva (2011)
Recursos audiovisuales y Software	Videos, Physics tracker	Da Silva y Orkiel (2017)
Materiales Físicos y sistema de Adquisición de datos	Plataforma Arduino, muelle de juguete, LEDs de diferentes colores, Zumbador encapsulado	Silveira, Barthem y Santos (2019)
Materiales Físicos y Software	Cámaras digitales, Digitizer, Physics tracker, Vernier	Calderón, Núñez, Di Laccio, Iannelli y Gil (2014)
	Pizarra Digital Interactiva	López, Grimalt y Couso (2018)
	Construcción del cohete, Cámara de videos, Avidemux, VirtualDub, Physics tracker	Tomas y Hurtado (2019)
	La fotocompuerta y audacity	Sinning y Sánchez (2019)
No lo especifican		García y Rentería (2011a; 2011b); Domínguez (2013); Cifuentes y Reyes (2013); Dima, Reynoso y Glusko (2015); Petit y Solbes (2015); Arandia, Zuza y Guisasola (2016); Dávila

(2017); Alpaslan, Yalvac y Loving
(2017); Ribeiro, Cunha y
Laranjeiras (2012)

En la Tabla 10, se observa la variedad de recursos y materiales que los autores emplearon al momento de realizar la experimentación en física. Se puede identificar que la clasificación propuesta corresponde a dos grandes categorías: el uso de recursos físicos (materiales físicos, montajes experimentales) y el uso de TIC (recursos web, software, sistemas de adquisición de datos). A continuación, se discute sobre esta clasificación.

La categorización de los principios pedagógicos didácticos, que busca combatir la utilización de los libros de textos y la pizarra como los únicos poseedores de los conocimientos, esta propuesta desde la teoría de aprendizaje significativo crítico, que es un referente en las propuestas de enseñanza que benefician el aprendizaje no sólo significativo sino también crítico y reflexivo (López, 2014). En coherencia con este principio, se encontró que autores como Osorio y Patiño (2011) usan los materiales físicos, con el propósito de mejorar la participación, la seguridad y la confianza en clase de los estudiantes. En las actividades propuestas por estos autores, también se identifica el principio del conocimiento previo descrito por Moreira (2005), puesto que indagan por la representación del calor y temperatura que tienen los estudiantes desde la cotidianidad, buscando cuestionar estos preconceptos y modificar su estructura cognitiva con nuevos planteamientos sobre el fenómeno. En este tipo de actividades se evidencia claramente una trascendencia por parte del docente en salirse de lo cotidiano y proponer una actividad diferente, significativa y provechosa para los estudiantes. Además, las actividades se vinculan bajo el componente de inclusión con personas ciegas y sordas, modificando las estrategias según el caso para evidenciar el fenómeno físico.

Por su parte, Alemán (2015), realizó una experiencia didáctica a partir del diseño e implementación de forma lúdica con el propósito de que los estudiantes tomaran decisiones sobre la reflexión múltiple con espejos planos en ángulos y la obtención de imágenes de distintos objetos. Un componente no convencional identificado en el trabajo de Quintero (2018), fue el uso de la diversión orientada a favor del aprendizaje de ciencias, dado que implementa una propuesta de enseñanza situada en un parque de diversiones para desarrollar problemas físicos con datos reales.

Otros autores que utilizan los recursos físicos, fueron Soto, Couso y López (2018) quienes emplearon una rueda y su frenado para enseñar la transferencia, conservación y degradación

de la energía. Este tipo de montaje también facilita a trabajar otros fenómenos de la física, por ejemplo: la fricción, el movimiento circular, entre otros. También es pertinente mencionar que algunos autores optaron por crear sus propias herramientas, para luego evidenciar el fenómeno físico; por ejemplo, Braga y de Franco (2015), crearon instrumentos para ilustrar experimentalmente el péndulo simple, la jaula de Faraday, un condensador y el electróforo. Este tipo de metodología contribuye a que la experimentación sea abierta y que el estudiante tenga un papel más activo.

En esta misma línea, algunos autores propusieron el uso de montajes experimentales con materiales físicos, con el propósito de replicar los fenómenos físicos; como el caso de Boscolo y Loewenster (2011), quienes realizaron una práctica de laboratorio sobre la ley de Hooke y la ley de oscilación frecuencia-masa. Así mismo, Hessel, Canola y Vollet (2013), realizaron un procedimiento para validar la segunda Ley de Newton. Al igual que, Ha y Kim (2020), llevaron a cabo el mismo procedimiento de la segunda Ley de Newton, pero mediante una práctica abierta, el cual propusieron que los estudiantes observaran y generaran hipótesis de acuerdo con sus experiencias sobre el fenómeno. Otro tipo de montaje, propuesto por Franzoni, Laburú y Da Silva (2011), fue el diseño de una actividad bajo el principio multimodalidad representativa; es decir, los estudiantes realizaron un dibujo después de haber realizado una experimentación sobre circuitos eléctricos, donde ellos plasmaron el circuito y su funcionamiento.

Por otra parte, es necesario mencionar algunos autores que contribuyeron con reflexiones epistemológicas sobre el trabajo experimental, como el caso de Acevedo, Porro y Adúriz (2013), quienes mencionan que “han sido señaladas una serie de visiones que suelen expresarse en las clases acerca de cómo se produce conocimiento en la ciencia en el mundo actual” (citando Gil Pérez, 1994; Fernández et al., 2002); una de ellas se evidencia en la observación y la experimentación como neutras sin tener en cuenta las hipótesis y la construcción de conocimientos, contribuyendo al reduccionismo conceptual; además, cuestionan que los conocimientos científicos se presentan de manera rígida y mecánica, sin una visión problemática e histórica. Por tanto, diseñan una secuencia didáctica sobre fuerza y el movimiento, enfocada a disminuir las problemáticas antes mencionadas, empleando herramientas básicas de la vida cotidiana para representar el fenómeno físico. Los autores citados demostraron que la utilización de otro tipo de recursos físicos diferentes a los tradicionales en la enseñanza, pueden contribuir a un aprendizaje significativo crítico y duradero.

En relación con el uso de TIC, según Dey, Burn, Verdes (2009), consideran que proporciona múltiples ventajas pedagógicas y didácticas, empleando la información como completo de las clases teórico-prácticas de física, favoreciendo el trabajo colaborativo, autónomo y motivacional. Sobre este tipo de recursos, se menciona en primer lugar a Torres (2011), quien dispuso de un blog prediseñado para mostrar videos experimentales para las construcciones propias del fenómeno. Así mismo, Gil, Di Laccio (2007), emplearon el teléfono celular y un equipamiento básico de Apps, con el propósito de medir las magnitudes físicas de los fenómenos físicos de forma simple, mientras que Sánchez (2017), hizo uso del software Modellus para diseñar simulaciones de fenómenos físicos, planteando que en estas no se requiere una experimentación física del fenómeno y los estudiantes solo acceden al programa e interactúan con sus variables. En estos trabajos se identifica que los autores utilizaron herramientas tecnológicas existentes como apoyo en la enseñanza de la física. Por último, Mesa (2019), propone el uso de TIC desde el enfoque STEM (Science, Technology, Engineering, Mathematics), a partir de películas y la construcción de simuladores de realidad aumentada para abordar el fenómeno de radiación nuclear; mientras que López, Grimalt y Couso (2018) emplearon la pizarra digital como herramienta interactiva, con el propósito de ilustrar mejor las explicaciones.

Como se mencionó al inicio de la presente subcategoría, se identificaron algunas unidades análisis en las que se plantea el uso de recursos físicos con el apoyo de TIC para la experimentación de los fenómenos físicos; como el caso de Cortela y Sanson (2019), quienes abordaron conceptos de termodinámica por medio de videos caseros sobre la realización de experimentos físicos de la vida cotidiana de los estudiantes. De igual manera, Silveira, Barthem y Santos (2019), utilizaron la plataforma Arduino, resortes, LEDs de diferentes colores y diversos sensores, con el propósito diseñar una estrategia didáctica para personas con discapacidad auditiva y visual. Además, se encontró que algunos autores emplearon las herramientas TIC como parte de verificación de la experimentación física; es decir, realizaron el montaje y validaron los datos obtenidos con herramientas tecnológicas. Por ejemplo, Fanaro, Arlego y Otero (2014), realizaron una experimentación de la doble rendija con luz con el método de Feynman y se apoyaron con Geogebra y Modellus para el análisis los datos obtenidos.

Otro aspecto interesante y común que se encontró entre las unidades de análisis y los recursos utilizados, tiene que ver con el uso del *software* Physics tracker y los videos de los fenómenos físicos; autores como Méndez y Rodríguez (2014); Da silva y Orkiel (2017); Tomas y Hurtado (2019), realizaron experimentación con los movimientos en una dimensión, y en el caso

de estos últimos autores, usaron el programa para tomar las medidas de la trayectoria de un cohete propulsado por aire. De la misma manera, Ezquerro, Iturrioz y Díaz (2012) emplearon el programa de Aviméca y los videos cotidianos de situaciones físicas, lo convirtieron en escenas de un fotograma con el propósito de analizar un punto específico elegido para observar sus magnitudes físicas.

La diversidad de recursos y materiales empleados por los diferentes autores, favorecieron a combatir la idea que los únicos poseedores del conocimiento son los libros texto, proponiendo diferentes recursos físicos y herramientas TIC que 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 la ciencia. En la siguiente categoría se analizarán la producción académica sobre el trabajo experimental desde el referente del quehacer docente.

4.3 Contribución de la producción académica sobre trabajo experimental como referente para el quehacer de los docentes.

Esta categoría es de culminación y de reflexión según la contribución de la producción académica sobre el trabajo experimental como referente para el quehacer de los docentes. El objetivo principal es sintetizar la producción académica con el fin de orientar a profesores en ejercicio y en formación en física sobre diferentes estrategias y recursos utilizados en la enseñanza de la física a nivel de secundaria. Entre los principales hallazgos de la presente revisión se encontró que los autores resaltan la resolución de problemas, el uso de Tecnologías de la Información y la Comunicación, la Naturaleza de las Ciencias y la Argumentación. Al igual que diversos tipos de trabajos prácticos de laboratorio que se relacionaron con la clasificación propuesta por Caamaño (2011): las investigaciones, ejercicios prácticos y experiencias.

Las estrategias usadas en los escenarios fundamentales de la didáctica de la física, en el caso de la *resolución de problemas*, se presentan como una manera de mejorar las habilidades generales de análisis, razonamiento autónomo, modelización verbal y matemática (García y Rentería, 2011a y 2011b); no obstante, para Habte (2020), la resolución de problemas por medio de simulaciones computacionales no contribuyó a una experimentación satisfactoria de los fenómenos. En los resultados de estas unidades de análisis se presenta una diferencia en relación con la eficiencia de los recursos y actividades que acompañan la resolución de problemas; en el primer caso (García y Rentería, 2011a y 2011b), la modelización experimental favorece, desde el punto vista de la manipulación de los objetos, el acercamiento a su funcionamiento; mientras que, en el segundo caso (Habte, 2020), el uso de simulaciones

computacionales no favoreció dicho acercamiento, porque depende de las características propias del fenómeno de estudio y las idealizaciones que presente la simulación. Es claro que la estrategia de resolución de problemas, sea por medio de la modelización experimental o de las simulaciones computacionales, favorece la participación activa del estudiante en su proceso educativo, alejándose de la centralización en el libro de texto y del uso de la pizarra como únicos poseedores del conocimiento.

En cuanto al *uso de las TIC*, se identificó que las estrategias propuestas por los autores para apoyarlas, favorecieron la motivación y la adquisición de un aprendizaje significativo, bajo el criterio tanto del trabajo autónomo como colaborativo. En general los autores implementaron las herramientas TIC, desde tres situaciones didácticas: en primera instancia, el uso de páginas web, blogs y pizarra digitales interactivas, como apoyo para ampliar la información suministrada y monitorear algunas actividades extra clase (Torres, 2011; López, Grimalt y Couso, 2018). En segunda instancia, la utilización de los recursos TIC unido con situaciones cotidianas de los estudiantes, para apoyar el registro y análisis de datos por medio de simuladores y modelización computacional (Méndez y Rodríguez, 2014; Sánchez, 2017; Roldán, Perales, Ruiz, Moral y de la torre, 2018; Michels y Zannin, 2019). Por último, el uso de los laboratorios de bajo costo, se presentó como una manera de llegar a todos los estudiantes para favorecer los conocimientos básicos del fenómeno en estudio, sin la excusa de falta de recursos sofisticados de laboratorio (Calderón, Núñez, Di Laccio, Lannelli y Gil, 2014; Cortela y Sanson, 2019). En esta misma línea, algunos autores como Michels y Zannin (2019), diseñaron sus propios laboratorios con kits Arduino experimentales, que facilitaron la adquisición de conocimientos a partir de la creación de los propios artefactos de apoyo para la toma de datos de los fenómenos en estudio. En el uso de los recursos TIC se evidencia un interés natural de los estudiantes por el uso de herramientas diferentes a las convencionales, generando interés particular por querer aprender ciencias.

Por otra parte, algunos autores se focalizaron desde la *Naturaleza de las Ciencias y la Argumentación* para plantear sus estrategias, a partir de la replicación de algunos experimentos históricos (Boscolo y Loewenster, 2011; Hessel, Canola y Vollet, 2013; Ha y Kim, 2020). En estos trabajos se identificó que los autores diseñaron los trabajos prácticos de laboratorio como una guía paso a paso, con el propósito de replicar o corroborar teorías; lo que en algunos casos no cumple el propósito de la actividad, debido a factores instrumentales o errores de interpretaciones teóricas por parte de los estudiantes. Es claro que este tipo de prácticas experimentales no favorecen el aprendizaje significativo crítico propuesto por Moreira (2005),

dejando una serie de falencias teóricas y procedimentales al momento de realizar la actividad experimental.

Por último, por medio de los *ejercicios practico de laboratorio* es posible que los estudiantes observen los diferentes fenómenos físicos desde una óptica más clara, posibilitando un aprendizaje significativo y más duradero (Ezquerro, Iturrioz y Díaz; 2012); además, es un acercamiento a una serie de nuevas visiones expresadas en las clases, acerca de cómo se produce el conocimiento en la ciencia en el mundo actual; es decir, la observación, la experimentación y la generación de hipótesis deben estar inmersas en la construcción del conocimiento, generando una visión analítica del conocimiento científico sin ser acumulativo ni lineal (Gil-Pérez, 1994; Fernández et al., 2002). Esto trae consigo, un aprendizaje activo donde los alumnos adquieren habilidades científicas, favoreciendo la participación activa, la interpretación de fenómenos y la comunicación de resultados (Dima, Reynoso y Glusko, 2015).

A partir de las ideas expuestas anteriormente, se resalta la importancia de diseñar estrategias acordes con los escenarios fundamentales de la didáctica de la física, de tal manera que se fortalezca la implementación de trabajos prácticos de laboratorio en secundaria, que de acuerdo con la perspectiva adoptada para el presente trabajo, es una estrategia que permite propiciar un aprendizaje significativo crítico en los estudiantes y mejorar la práctica docente en este nivel escolar; así mismo, contribuyendo a mejorar la motivación por el conocimiento científico, la relación entre ciencia, tecnología y sociedad, y la apropiación de las TIC para la enseñanza.

Conclusiones

Una vez terminada la presente revisión sobre la implementación de trabajo experimental en la enseñanza de la física en secundaria y las reflexiones sobre las diferentes investigaciones que cada autor brindó al leer sus artículos de investigación entre los años 2011 y 2020, se presentan a continuación las principales conclusiones en relación con la pregunta y los objetivos propuestos para el desarrollo del trabajo. Cabe mencionar que las unidades de análisis consultadas, solo constituyen una ínfima parte de la cantidad de investigaciones que pueden surgir sobre la implementación de trabajo experimental en la enseñanza de la física. Sin embargo, los trabajos de investigación documental encontrados fueron muy pocos y no dan cuenta del estado actual de esta temática a nivel de secundaria. Este hallazgo fue una de las razones principales por las cuales se optó por realizar la actual revisión, además de consolidar una recopilación de publicaciones que favorezca la consulta e identificación de diferentes recursos, estrategias, enfoques pedagógicos y metodologías innovadoras en la educación secundaria, y que contribuya a los docentes en su quehacer.

En relación con los objetivos de la presente revisión, se concluye en primer lugar que la identificación de la *producción académica*, relacionada con el trabajo experimental en la enseñanza de la física a nivel secundaria entre los años ya descritos, es relativamente baja con respecto a las multiplicidades de investigaciones que pudieron ser elaboradas en ese periodo de tiempo; es decir, las revistas consultadas fueron 53, de las cuales solo 22 (8 nacionales y 14 internacionales) publicaron unidades de análisis acordes con los criterios de selección del presente trabajo. No obstante, las revistas seleccionadas aportaron un total de 198 artículos, de los cuales se eligieron 41 que cumplieran con dichos criterios. Cabe mencionar que los años con mayor producción académica fueron el 2011 y 2019, con ocho artículos por año; mientras que el año con menor producción fue 2016 con solo un artículo publicado. Se resalta además que la producción fue liderada por artículos en portugués y de origen brasilero, y que se identificaron varios artículos de investigaciones realizadas en otros países como Etiopía, Italia y Corea del sur, publicados en revistas de educación latinoamericanas, lo que enriquece la discusión en cuanto a los avances de la enseñanza de la física en diferentes lugares del mundo, comparado con Colombia.

En segundo lugar, sobre las *estrategias y recursos* para la implementación del trabajo experimental que favorezcan el aprendizaje de la física a nivel de secundaria, se encontraron principalmente dos obstáculos a mencionar. Uno de ellos, está relacionado con la

implementación de metodologías tradicionales, en donde se identificó que algunos investigadores continúan proponiendo el desarrollo de trabajos experimentales por medio de guías tipo receta, y no se han apropiado de estrategias formativas propias para la perspectiva constructivista; no obstante, en la mayoría de unidades de análisis se registraron estrategias en las que se favorece la participación activa del estudiante, dando cuenta de un progreso significativo sobre el uso de otras metodologías diferentes a las tradicionales. El otro obstáculo se refiere a la poca utilización de recursos TIC y la falta de apropiación de los profesores para su implementación, puesto 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.

En relación con lo anterior, se puede afirmar que los profesores con metodologías tradicionales y los profesores en formación, están obligados a diseñar nuevas estrategias e implementar metodologías innovadoras, en procura de que las nuevas generaciones de estudiantes adquieran un aprendizaje crítico y puedan realizar, como lo propone Moreira, grandes cambios culturales. Muestra de ello, son investigaciones que dejaron de lado los libros de texto como los únicos poseedores del conocimiento y optaron por implementar recursos más 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. Este tipo de estrategias asociada a diversos recursos físicos y digitales (por ejemplo, las TIC), posibilitan a los docentes realizar grandes cambios en su quehacer; desde luego, a partir de objetivos claros y coherentes con el uso de estos recursos y no desde un uso meramente instrumental. Así mismo, se identificó que el uso de la pizarra pasó a un plano más informativo y se han diseñado estrategias diferentes a las clases magistrales, en las cuales se prioriza el uso de estrategias como el trabajo colaborativo, los seminarios, el aprendizaje basado en proyectos, entre otros; y contribuyen a abandonar el uso del tablero como el único medio de transmisión del conocimiento. Es importante resaltar que, para la implementación de dichas estrategias, los autores de las unidades de análisis revisadas aprovecharon el contexto de los estudiantes, por ejemplo: deportes que practican, objetos que vuelan, ciencia ficción de las películas que muestran la ciencia experimental y sus motivaciones intrínsecas.

Por último, en cuanto a la valoración de la contribución de la producción académica sobre trabajos experimentales como referente para el quehacer de los docentes en la enseñanza de la física a nivel de secundaria, se encontraron aportes de suma relevancia en cuanto a la

diversidad de estrategias que pueden acompañar la enseñanza de la física con propósitos más experienciales en los estudiantes y que ayudan a enriquecer los diferentes escenarios propuestos de la didáctica de la física. No obstante, es razonable considerar que, a pesar de que son muchos los docentes que pretenden realizar grandes aportes a la enseñanza e implementar metodologías innovadoras para sus estudiantes, en muchos casos no se opta por favorecer un aprendizaje significativo por diversos factores como dificultades de comportamiento en los estudiantes al interior del aula de clase, el contexto social o cultural, la escasez de recursos, entre otros; por lo tanto, uno de los principales propósitos es que la revisión aquí expuesta, sea un insumo para los profesores en formación o profesores que desean modificar las clases, que quieran dejar el estado de conformismo y se atrevan a emplear las diferentes estrategias y recursos que los autores aquí presentados realizaron para mejorar sus prácticas docentes y pensar en las necesidades de las futuras generaciones de estudiantes.

Referencias Bibliográficas

- 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.
- Arguedas, C. y Concari, S. B. (2015). Hacia un estado del arte de los laboratorios remotos en la enseñanza de la física. *Revista de Enseñanza de la Física*, 27(2), 133-139.
- Arias Gil, V. (2016). Las TIC en la educación en ciencias en Colombia: una mirada a la investigación en la línea en términos de su contribución a los propósitos actuales de la educación científica [Trabajo de investigación de Maestría, Universidad de Antioquia]
- Ausubel, D. (2000). *The Acquisition and Retention of Knowledge: a cognitive view*. Kluwer Academic Publishers.
- 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.
- Caamaño, A. (2011). Los trabajos prácticos en Física y Química: interpretar e investigar en A. Caamaño (coord.), *Didáctica de la Física y la Química* (1ª ed., Vol. II, pp. 143-163). Grao.
- Caamaño, A. (2004). Experiencias, experimentos ilustrativos, ejercicios prácticos e investigaciones: una clasificación útil de los trabajos prácticos. *Alambique*, 39(8), 1-7.
- Calderón, S. E., Núñez, P., Di Laccio, J. L. y Iannelli, L. M. (2014). Aulas-laboratorios de bajo costo, usando TIC. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 12(1), 212-226.

- 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].
- Carpio, C. (2014). Caracterización de la Problemática en los Procesos de Enseñanza y Aprendizaje de la Física en Secundaria. *Revista Ensayos Pedagógicos*, 7(2), 101-121.
- 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.
- Casal, J. (2013). Secuencias de apertura experimental y escritura de artículos en el laboratorio: un itinerario de mejora de los trabajos prácticos en el laboratorio. *Enseñanza de las Ciencias*, 31(3), 249-262.
- Chamizo, J. A. y Pérez, Y. (2017). Sobre la enseñanza de las ciencias naturales. *Revista Iberoamericana de Educación*, 74(1), 23-40.
- 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.
- Clandinin, D. J. (1985). Personal practical knowledge: A study of teachers' classroom images. *Curriculum inquiry*, 15(4), 361-385.
- Clandinin, D. J. (1989). Developing rhythm in teaching: The narrative study of a beginning teacher's personal practical knowledge of classrooms. *Curriculum Inquiry*, 19(2), 121-141.
- Constitución Política de Colombia [Const]. Arts. 67,70. 7 de julio de 1991 (Colombia).
- 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.
- De Camilloni, A. R., Cols, E., Basabe, L. y Feeney, S. (2007). *El saber didáctico*. Paidós.

- Decreto 1290 de 2009 [Ministerio de Educación Nacional]. Por el cual se reglamenta la evaluación del aprendizaje y promoción de los estudiantes de los niveles de educación básica y media. 16 de abril de 2009.
- Decreto 1860 de 1994 [Ministerio de Educación Nacional]. Por el cual se reglamenta parcialmente la Ley 115 de 1994, en los aspectos pedagógicos y organizativos generales. 5 de agosto de 1994.
- Dey, E. L., Burn, H. E. y Gerdes, D. (2009). Bringing the classroom to the web: Effects of using new technologies to capture and deliver lectures. *Research in Higher Education*, 50(4), 377-393.
- 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.
- Etkina, E., Karelina, A., Ruibal-Villasenor, M., Rosengrant, D., Jordan, R. y Hmelo-Silver, C. E. (2010). Design and reflection help students develop scientific abilities: Learning in introductory physics laboratories. *The Journal of the Learning Sciences*, 19(1), 54-98.
- Ezquerro, Á.M., Iturrioz, I.G. y Díaz, M.P., (2012). Análisis experimental de magnitudes físicas a través de vídeos 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).
- Franco, R. A., Velasco, M. A. y Riveros, C. M. (2017). Los trabajos prácticos de laboratorio en la enseñanza de las ciencias: tendencias en revistas especializadas (2012-2016). *Tecné, Episteme y Didaxis: TED*, (41), 37-56.
- 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.
- García, P., Insausti, M. J. y Merino, M. (1999). Propuesta de un modelo de trabajos prácticos de física en el nivel universitario. *Enseñanza de las Ciencias*, 17(3), 533-542.
- Gil, S. y Di Laccio, J. (2017). Smartphone una herramienta de laboratorio y aprendizaje: laboratorios de bajo costo para el aprendizaje de las ciencias. *Latin-American Journal of Physics Education*, 11(1), 1305, 1-9.
- 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.
- Gutiérrez, E. A., Martín, J. y Bigliani, J. C. (2019). Las TIC y la práctica experimental: una revisión bibliográfica. *Revista de Enseñanza de la Física*, 31, 377-383.
- 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.
- Hammer, D., Elby, A., Scherr, R. E. y Redish, E. F. (2005). Resources, framing, and transfer. Transfer of learning from a modern multidisciplinary perspective en J. Mestre (ed.) *Transfer of Learning from a Modern Multidisciplinary Perspective* (pp. 89-119).
- 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.
- Jardim, W. T. y Guerra, A. (2017). Experimentos históricos e o ensino de física: agregando reflexões a partir da revisão bibliográfica da área e da história cultural da ciência. *Investigações em Ensino de Ciências*, 22(3), 244-263.
- 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.
- Klein, G. (2012). Didáctica de la Física [Archivo PDF]. http://www.anep.edu.uy/ipa-fisica/document/material/cuarto/2008/didac_3/did_fis.pdf
- Leder, D. (1990). *The absent body*. University of Chicago Press.
- Ley 115 de 1994. Por la cual se expide la Ley General de la Educación. 8 de febrero de 1994
- López, S. Y. (2012). La modelización computacional con diagrama AVM y su contribución para el aprendizaje significativo de conceptos físicos y el desarrollo de una visión crítica sobre la ciencia y la modelación científica. [Tesis de doctorado, Universidad de Burgos]. <https://riubu.ubu.es/handle/10259/177>
- López, S. Y. (2014). El aprendizaje significativo crítico. *Cuadernos Pedagógicos*, 448, 58-59.
- López, S., Veit, E. A. y Araujo, I. S. (2016). Una revisión de literatura sobre el uso de modelación y simulación computacional para la enseñanza de la física en la educación básica y media. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, 38(2), e-2401, 1-16.
- 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.
- López-Gay, R., Liso, M. R. J. y Chico, M. M. (2015). Enseñanza de un modelo de energía mediante indagación y uso de sensores. *Alambique: didáctica de las ciencias experimentales*, (80), 38-48.
- 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.
- Miches, J. C. y Zannin, M. (2019). Proposta experimental para análise das variáveis de estado dos gases com Arduino. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, 41(4), e20190028, 1-6
- Ministerio de Educación Nacional (1998). Lineamientos Curriculares de Ciencias Naturales y Educación Ambiental. Ministerio de Educación Nacional.
- Ministerio de Educación Nacional (2006). Estándares Básicos de Competencias en Ciencias Naturales y Ciencias Sociales. Ministerio de Educación Nacional
- Ministerio de Educación Nacional (2016). Derechos Básicos de Aprendizaje. Ministerio de Educación Nacional
- Moreira, M. (2019). Predisposición para un aprendizaje significativo de la física: intencionalidad, motivación, interés, auto-eficacia, auto-regulación y aprendizaje personalizado. Conferencia dictada en el Décimo Quinto Simposio de Investigación en Educación en Física, SIEF15, organizado por APFA (Asociación de Profesores de Física de la Argentina), realizado del 5 al 9 de octubre de 2020, en ciudad de Córdoba, Argentina.
- 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.
- Pastorio, D. P. y Sauerwein, R. A. (2017). Uma revisão de literatura sobre o computador no ensino de Física. *Enseñanza de las ciencias*, (Extra), 1337-1342.
- Pérez-Mateo, M. y Guitert, M. (2013). La colaboración en la red: hacia una definición de aprendizaje colaborativo en entornos virtuales. *Teoría de la Educación: Educación y Cultura en la Sociedad de la Información*, 14(1), 10-31.
- 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.
- Picquart, M. (2008). ¿Qué podemos hacer para lograr un aprendizaje significativo de la física? *Latin-American Journal of Physics Education*, 2(1), 29-36.

- Pinto, J. (2011). Fortalecimiento de la expresión oral a través del uso de las TIC con base en el desarrollo y manejo de las competencias interpretativa, argumentativa y propositiva de estudiantes de grado quinto del Centro Educativo Fermín López, en Santa Rosa de Cabal [Tesis de Doctorado, Universidad Tecnológica de Pereira].
<https://repositorio.utp.edu.co/items/a1c3b7a1-916d-4846-9dcd-b7122b777cd0>
- Postman, N. y Weingartner, C. (1969). *Teaching as a Subversive Activity*. Delacorte
- 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.
- 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.
- Sandoval, W. A. y Reiser, B. J. (2004). Explanation-driven inquiry: Integrating conceptual and epistemic scaffolds for scientific inquiry. *Science education*, 88(3), 345-372.
- 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*, 41 .

- 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.
- Staer, H., Goodrum, D. y Hackling, M. (1998). High school laboratory work in Western Australia: Openness to inquiry. *Research in science education*, 28(2), 219-228.
- Tomás, A. y Hurtado, J. (2019). Cohetes de aire: construcción, fundamentos y aplicaciones didácticas para el estudio de la Física en bachillerato y secundaria. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 16(3), 3401, 1-10.
- 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.
- Velasco, J. J. y Buteler, L. M. (2017). Simulaciones computacionales en la enseñanza de la física: una revisión crítica de los últimos años. *Enseñanza de las ciencias*, 35(2), 161-178.
- Zorrilla, E., Quiroga, D. P., Morales, L. M., Mazzitelli, C. A. y Maturana, C. I. (2020). Reflexión sobre el trabajo experimental planteado como investigación con docentes de Ciencias Naturales. *Ciencia, Docencia y Tecnología*, 31, 266-285.