

CONSTRUCCIÓN CONCEPTUAL EN FÍSICA A TRAVÉS DE MÉTODOS DIDÁCTICOS INDUCTIVOS

Conceptual Construction in Physics Using Inductive Teaching Methods

JULIO CUEVAS ROMO*

Universidad de Colima, Colima, México

jcuevas0@ucol.mx

<https://orcid.org/0000-0003-1325-4029>

Forma sugerida de citar: Cuevas Romo, Julio (2025). Construcción conceptual en física a través de métodos didácticos inductivos. *Sophia, Colección de Filosofía de la Educación*, (38), pp. 163-197.

Resumen

El presente texto muestra el desarrollo y la evaluación de un proceso educativo con profesores de matemáticas en formación, centrado en el uso de estrategias didácticas con características inductivas, en el marco de la asignatura Matemáticas y Física de la Licenciatura en Enseñanza de las Matemáticas de la Universidad de Colima, México. La experiencia incluye a 19 estudiantes que han tenido formación disciplinar en matemáticas y dominan el conocimiento procedimental y el lenguaje algebraico que implica la física en los niveles básicos, pero con poco acercamiento al conocimiento conceptual, tanto de física clásica como de física moderna. Bajo este principio, el curso se centró en la reflexión y la resolución de problemas. Desde esta lógica, la propuesta incluyó buscar, tanto el dominio procedimental como conceptual, siendo este último el objetivo central de esta investigación. Los métodos inductivos incluyeron la utilización de materiales audiovisuales y lecturas que van en un sentido de divulgación. Los resultados de sus trabajos muestran que, sin omitir un proceso formativo de corte más tradicional, como la resolución de problemas o libros de texto de física clásicos, la incorporación de estrategias inductivas sobre las particularidades de conceptos como “movimiento” o “luz” permite una comprensión más profunda de principios fundamentales, siendo un complemento funcional para una formación más integral.

Palabras clave

Conceptualización, método inductivo, estrategia didáctica, divulgación científica, física, evaluación.

* Doctor en Educación, máster en Ciencias de la Educación. Sus líneas de investigación son: procesos de enseñanza y aprendizaje de ciencias y matemáticas en contextos de diversidad. Es docente e investigador adscrito a la Facultad de Ciencias de la Educación de la Universidad de Colima, participa en la Licenciatura en Enseñanza de las Matemáticas, en la Maestría en Intervención Educativa y en el Doctorado en Humanidades, también es miembro del Sistema Nacional de Investigadores de México. Google Académico: <https://scholar.google.com/citation?user=jGjKn8IAAAJ&hl=es>
Índice h: 7

Abstract

This contribution shows the development and evaluation of an educational process with mathematics teachers in training, focused on the use of teaching strategies with inductive characteristics, in Mathematics and Physics subject of the Bachelor's Degree in Mathematics Teaching at the University of Colima, Mexico. The experience includes 19 students, who have had disciplinary training in mathematics and master the procedural knowledge and algebraic language involved in Physics at the basic levels, but they had had little access to conceptual knowledge of both classical physics and modern physics. With this principle, the course focused on reflection and problem solving. From this logic, the proposal included searching for both the procedural and conceptual domain, this second one is the central objective of this research. The inductive methods included the use of audiovisual materials and readings, that go more in the order of dissemination. The results of their work show that, without omitting a more traditional training process, such as problem-solving or classic physics textbooks, the incorporation of inductive strategies focused on the particularities of concepts like "motion" or "light" allows for a deeper understanding of fundamental principles, serving as a functional complement for a more comprehensive understanding.

Keywords

Conceptualization, Inductive Method, Teaching Strategy, Scientific Dissemination, Physics, Evaluation.

164



Introducción

Ha quedado atrás la idea de fronteras rígidas entre las ciencias sociales, las ciencias experimentales y las humanidades. Si bien es claro que los objetivos que persiguen dichas áreas de conocimiento son distintos y las formas de aprender sus contenidos también, en las últimas décadas se ha dado un debate con mayor apertura sobre las implicaciones sociales y humanas que hay detrás de la construcción del conocimiento científico también en las ciencias experimentales, en el caso que atañe a este aporte, la física. La ciencia intercultural, la etnomatemática, la enculturación científica o las matemáticas y las ciencias para la ciudadanía y los derechos humanos, son algunos ejemplos, entre muchos otros, de líneas de investigación emergentes en este sentido.

El objetivo de este estudio es evaluar y visibilizar la eficacia de utilizar estrategias didácticas inductivas para fortalecer la comprensión conceptual en temas relacionados a la física, haciendo énfasis en cómo este tipo de abordaje puede contribuir a un aprendizaje más integral y significativo. En este sentido, las estrategias propuestas, sin dejar de lado actividades de corte más convencional como la lectura especializada o la resolución de problemas basada en textos, se incorporan para contribuir a superar las limitaciones de procesos centrados únicamente en las habilidades procedimentales o técnicas de la física. La metodología de análisis se basó en los planteamientos de Ahumada (2005) respecto a la construcción y evaluación de conceptos.

Esta investigación se desarrolla en el marco de la Licenciatura en Enseñanza de las Matemáticas, carrera adscrita a la Facultad de Ciencias de la Educación de la Universidad de Colima. Este programa tiene como objetivo formar profesionales capaces de abordar desafíos y en la enseñanza y el aprendizaje de las matemáticas, promoviendo la alfabetización matemática y la innovación didáctica con un enfoque de responsabilidad social.

La particularidad del programa es el enfoque integral entre una formación en el área disciplinar de matemáticas, una formación en el área disciplinar pedagógica y un tercer eje que refiere a didácticas específicas sobre aritmética, geometría, probabilidad y cálculo. La mayoría de quienes han egresado, se han incorporado como docentes en los niveles básicos y en nivel medio superior, algunos pocos casos en nivel superior. Sobre la marcha, quienes participamos en este programa como docentes, hemos podido dar cuenta de que muchas de estas incorporaciones laborales de quienes egresan, no se dan únicamente por la necesidad específica de personal capacitado en matemáticas por parte de las instituciones solicitantes, sino también por materias relacionadas, particularmente la de física. Esto se ha vuelto entonces, una necesidad específica del programa.

Si bien con el grupo participante se había detectado un fuerte dominio sobre la resolución de problemas que involucran a las matemáticas y a la física respecto al dominio algebraico, esta intervención se centró en superar la limitación común de abordar la comprensión conceptual como simple memorización de definiciones. En su lugar, se promovió la construcción de conceptos como un proceso dinámico y en evolución. Este enfoque busca dotar a los futuros docentes de herramientas más sólidas para fomentar una alfabetización científica integral.

La propuesta metodológica se inserta en una formación que trasciende el dominio de algoritmos matemáticos, integrando características de la población estudiantil. Si bien estos estudiantes cuentan con una formación sólida en matemáticas y pedagogía, su conocimiento en ciencias básicas, particularmente en física, se limitaba a experiencias previas superficiales y breves y que no habían sido vinculadas con las matemáticas de forma significativa. En este contexto, donde se quiere impulsar un aprendizaje significativo y la alfabetización científica, usar metodologías inductivas favorece y va en sintonía con tendencias educativas que buscan integrar el conocimiento teórico y práctico, como lo reflejan diversas investigaciones recientes y a las que se hará mención más adelante.

Es aquí donde la propuesta de trabajo a partir de estrategias inductivas para la comprensión de conceptos específicos de la física se considera una estrategia pertinente. Así entonces, la implementación de activida-



des inductivas se realizó con 19 estudiantes de la Universidad de Colima, incluyendo la observación de materiales audiovisuales, lecturas divulgativas y experimentación directa, organizadas en siete bloques temáticos como movimiento y luz, entre otros. Esta metodología de trabajo, que incluye principios de enfoque constructivista, abarca un planteamiento epistemológico basado en que la construcción de conocimiento en física —en este caso conceptual— tiene que considerar a las ciencias básicas o experimentales como una actividad humana, que no puede estar desvinculada de las condiciones sociohistóricas en que dicho conocimiento ha sido, y sigue siendo, creado (Díaz, 2013).

A partir de aquí, la discusión temática por medio de lecturas de carácter histórico, de divulgación de la ciencia, el uso de materiales audiovisuales y actividades experimentales específicas que hacen vinculaciones, tanto implícitas como explícitas a los conceptos en cuestión, fomentan en el estudiantado el pensamiento y la construcción conceptual más allá de la memorización de definiciones enciclopédicas.

Este trabajo presenta, primero, una postura sobre la construcción del conocimiento en física, seguida de una definición teórica de las estrategias didácticas inductivas. A continuación, se describe la metodología, donde se destaca el uso de materiales de divulgación científica y audiovisuales como recursos didácticos. Enseguida, se detalla el proceso de implementación de la propuesta, acompañado de evidencias de su aplicación, para finalmente exponer los resultados obtenidos, junto con una discusión que incluye posibles pautas para investigaciones posteriores.

Construcción de conocimiento en ciencias experimentales

Si bien no es la intención realizar un debate a profundidad sobre la construcción universal o local del conocimiento, se considera pertinente mencionar un debate ya sistematizado a mayor profundidad en otro aporte realizado por Díaz (2013), respecto a la conocida discusión entre Charles Taylor y Thomas Kuhn en Lasalle University. Sabiendo la complejidad que esta referencia implica, se retoman aquí únicamente algunos de sus postulados fundamentales. Según Taylor, la construcción del conocimiento en ciencias naturales o experimentales no puede tener una base hermenéutica, ya que se basa en el estudio de datos independientes del contexto histórico y sociocultural. Los objetos de estudio del mundo natural, para Taylor, son independientes a procesos de interpretación humana.

Por otro lado, Kuhn plantea que el quehacer científico, también el realizado en las ciencias experimentales, es una actividad intrínsecamente



humana, influida por creencias, prejuicios y sistemas culturales específicos. En este sentido, la interpretación de los fenómenos naturales está estrechamente vinculada a la experiencia previa de cada persona, por lo cual es crucial distinguir entre los objetos del mundo natural o físico y los significados e interpretaciones que se les asignan según su uso. Esto se observa con claridad en la astronomía, donde los astros han tenido significados culturales específicos a lo largo de la historia, pero también han servido para aplicaciones prácticas como la construcción, la medición del tiempo y la orientación.

Si se piensa en conceptos que ahora son básicos en física como la temperatura, la luz, la electricidad, o la fricción, las discusiones debieron ser muy distintas dependiendo del contexto geográfico o cultural donde se generaban. ¿Se harían las mismas preguntas sobre la fricción quienes tenían al hielo como elemento cotidiano respecto a quienes vivían en los desiertos? ¿Llegarían a conclusiones similares? Es probable que no. Se puede pensar también que, en la época actual, con tanta información disponible en tiempo real, es complicado que estas ambigüedades sucedan, sin embargo, se puede retomar el caso de Plutón, pues de acuerdo con las conclusiones recientes, ha dejado de ser un planeta. Las interpretaciones y los parámetros siguen y seguirán cambiando continuamente.

Lo anterior no pretende negar o ignorar los elementos universales del conocimiento en física, sino enfatizar que este saber es el resultado de múltiples discusiones, experiencias y contextos particulares que tuvieron influencia en quienes contribuyeron a los descubrimientos y la sistematización de conocimientos. Este proceso es comúnmente pasado por alto en procesos educativos que se limitan a memorizar definiciones presentadas como verdades absolutas en los libros educativos, y pone de manifiesto que el conocimiento en física es dinámico, inacabado y en constante construcción.

Por mencionar un ejemplo, el comprender un principio ampliamente aceptado como la “ley de gravitación universal” no exige que cada estudiante la “redescubra” como condición para entenderla, pero sí que comprenda sus procesos de formulación, las condiciones históricas y culturales que facilitaron su formalización, así como sus aplicaciones actuales. Es en este contexto donde el enfoque inductivo se presenta como una herramienta que puede potenciar el tránsito de situaciones particulares a la comprensión de generalidades, no solo en conceptos fundamentales como la gravitación o el movimiento —como se expondrá más adelante— sino también en otras áreas del conocimiento. Este enfoque permite a quienes estudian, establecer conexiones significativas entre lo teórico y lo práctico, favoreciendo una construcción conceptual adaptable a diversos temas y niveles.



Estrategias didácticas inductivas

De forma muy general, el método inductivo-deductivo se conforma por dos procesos opuestos. La inducción refiere a una manera de razonar pasando de situaciones particulares hacia un conocimiento más general, que a su vez refleja lo que hay en común en las situaciones particulares. Se basa en encontrar las características comunes para llegar a generalizaciones que tienen una base empírica (Rodríguez & Pérez, 2017). Para autores como Dávila Newman (2006, p. 184), el razonamiento inductivo favorece acumular conocimientos a partir de experiencias particulares, mientras que el razonamiento deductivo ayuda a la organización de estos conocimientos en un panorama más general.

Tanto el deductivismo como el inductivismo plantean resolver los mismos problemas. En los dos casos, el punto de partida es indicar un método o una estrategia que permita justificar afirmaciones generales a un número no definido de casos —o generalidades universales— a la vez que justifica un valor cognitivo (Andrade *et al.*, 2018). El razonamiento inductivo no solo es útil dentro de los procesos de investigación, sino que permite establecer enlaces entre observación y teoría o formalización.

Son varias las ventajas, desde la construcción del conocimiento, que diversos autores señalan para los métodos o las estrategias inductivas. Repetto (2024) o Moreno y Corral (2019), refieren a que una de las potencialidades de este tipo de estrategias, es que no solo buscan la abstracción de patrones generales, sino que también fomentan aprendizajes contextualizados, una comprensión de la realidad local y el desarrollo de diálogos críticos. Por su parte, Palmett (2020) y Monroy (2004), resaltan la consolidación de nuevos conocimientos a partir de la observación y el registro sistemático de fenómenos particulares desde lo empírico. Esta recolección de datos dentro del proceso inductivo permite generar inferencias que posteriormente pueden ser comparadas con teorías ya existentes.

La inducción permite la transición hacia el conocimiento partiendo de informaciones que en un primer momento parecen aisladas (Álvarez & Alonso, 2018). Esto se relaciona con lo planteado en el apartado anterior. Si partimos de la idea de la observación como algo que no se limite al acto de la vista, sino como el detonante para la reflexión y el análisis, estas informaciones aisladas, podrán servir como componentes de un objeto mental específico o en el caso que interesa en este aporte, un concepto en particular.

La postura de esta intervención no considera que el partir de lo deductivo sea algo negativo o que no pueda contribuir a la construcción



conceptual, sin embargo, un abordaje de este tipo no hace referencia a todos los elementos previos involucrados en la construcción de una conjetura (Morales, 2008), o en nuestro caso, de un concepto físico específico. Desde una enseñanza inspirada en posturas constructivistas, partir de situaciones cotidianas y particulares responde con mucha más coherencia al proceso de construcción conceptual no universalista que se quiere lograr, concibiendo las múltiples ideas y circunstancias que conducen a ese conocimiento. En este sentido, si superamos la idea de objetividad como meta principal en la física o cualquier otra ciencia experimental, las estrategias o métodos inductivos son útiles para minimizar la subjetividad o el relativismo en el proceso de enseñanza-aprendizaje (Rivera *et al.*, 2024), pues se apoyan en observaciones y experiencias concretas que permiten una comprensión más profunda y significativa de los conceptos.

En otras palabras, enseñar conceptos como un listado de definiciones y problemas o ejercicios vinculados a estos conceptos, como procesos de reconstrucción o imitación mecánica sobre lo que el profesor realiza o resuelve previamente, rara vez constituye un reto cognitivo para quien aprende. Siguiendo con Álvarez *et al.* (2018), desde la aplicación de estrategias inductivas, se sugiere que los profesores realicen una especie de “entrenamiento” hacia sus estudiantes, ubicando la existencia de objetos ideales (abstracciones) y de objetos reales (físicos) para poder establecer las relaciones entre ambos.

En este sentido, cabe señalar que parte de la metodología propuesta con el grupo de estudiantes, sí considera la observación experimental, actividades prácticas que implícitamente contribuyen a la construcción conceptual, pero no se limita a esto. Las estrategias inductivas utilizadas, además de las actividades experimentales, implican una serie de lecturas con enfoque divulgativo y el uso de materiales audiovisuales, algunos diseñados explícitamente como productos de divulgación, pero otros más enfocados a la cultura popular, lo cual se explica a mayor detalle en el próximo apartado.

Metodología

Este apartado que explica la parte principal de la estrategia no pretende profundizar en la definición de la divulgación científica, pero sí mencionar, de manera general, algunas diferencias clave entre esta y otras actividades como la difusión científica, así como señalar sus características principales. La divulgación y la difusión de la ciencia pueden tener pro-

pósitos y métodos similares. Pero mientras la difusión se trata de una comunicación más entre pares, la divulgación busca hacer llegar conocimiento a un público más amplio, algo que originalmente parecía estar reservado para una minoría (Vargas, 2018).

Siguiendo con Vargas (2018), queda implícito que además del conocimiento a divulgar, las estrategias y los medios para hacerlo, hay un destinatario definido. Este último elemento implica considerar que la población destinataria debe definirse en función de sus intereses, se debe comprometer plenamente con dicha población y seleccionar —finalmente y de manera responsable— el material y la calidad de la información. Este último aspecto resalta la elaboración de preguntas estructuradas que atraigan la atención y muestren la relevancia del tema.

Podría parecer inusual que estudiantes de licenciatura, con una formación sólida en matemáticas, se les considere una población adecuada para desarrollar estrategias de divulgación científica. Sin embargo, es precisamente en este contexto donde materiales de este tipo y las preguntas detonadoras de discusión resultan pertinentes. Como se mencionó, el principal problema identificado en este grupo fue su limitado dominio conceptual de la física, lo anterior derivado y también corroborado por sus testimonios, así como de las observaciones de varios de sus docentes. Tuvieron escaso contacto con estas temáticas, particularmente desde el enfoque constructivista que se busca en este trabajo, es decir, el fomentar la construcción conceptual para su futura enseñanza. Es importante destacar que, aunque este aporte se centra en el abordaje conceptual, los procesos matemáticos mecanizados relacionados con cada tema también se integraron en las sesiones como parte complementaria.

Las lecturas de carácter divulgativo utilizadas fueron muy variadas, pero a forma de ejemplificar se pueden mencionar dos libros recurrentes y que además circulan libremente por internet: *Por amor a la física* (Lewin, 2012) y *Grandes cuestiones-física* (Brooks, 2011). En cuanto al primero, cuyo autor fue conocido por sus clases dinámicas y diversos experimentos en el Instituto Tecnológico de Massachusetts (MIT), utiliza fenómenos naturales cotidianos como el arco iris o las ondas que se emiten en el agua al lanzar una roca, además de aportes tecnológicos sencillos como los ascensores o las básculas simples, para ilustrar conceptos físicos. En palabras de su autor, el objetivo es poder observar lo que nos rodea de forma distinta, profunda y apreciativa. En cuanto al segundo —a diferencia del estilo descriptivo, anecdótico y experimental de Lewin— Brooks parte de preguntas sencillas sobre fenómenos cotidianos y cómo este tipo de cuestionamientos condujo a algunos de los descubrimientos



más profundos en física. A partir de elementos simples como la luz o la lluvia, se tratan de responder preguntas sobre la naturaleza del tiempo o las leyes de la física. En el texto también se mencionan partes biográficas de grandes pensadores de la física como Newton o Maxwell considerando el contexto en el que se hicieron sus descubrimientos.

En un modo distinto, tanto Lewin como Brooks, se valen de las analogías como un recurso constante, haciendo comparativas en situaciones hipotéticas que difícilmente podrían ocurrirnos, como caer de un elevador o un edificio, con situaciones que vivimos comúnmente, como subirnos a una báscula o tropezar. En este sentido, Lima y Gómez (2024, p. 108) destacan que las analogías son sumamente útiles para la comprensión de conceptos abstractos, además de los materiales de bajo costo y recursos de fácil acceso, que son un puente idóneo para aproximar la construcción conceptual teórica a situaciones cotidianas o reconocibles para los estudiantes. Ambos, recurrir a analogías y la utilización de materiales de bajo costo, son transversales a esta propuesta, pues se incorporan, respectivamente, en las lecturas de divulgación y en las actividades experimentales.

En cuanto a los materiales audiovisuales utilizados, estos fueron mucho más variados. Se usó, por ejemplo, documentales explícitamente de divulgación, como la serie *Cosmos: una odisea del espacio* (Druyan & MacFarlane, 2014) y *Genios por Stephen Hawking* (Bowie, 2016). Sin embargo, una de las partes más innovadoras fue la inclusión de audiovisuales que, en primera instancia, pueden ser considerados como puro entretenimiento, pero que, por ser parte de la cultura pop, son un excelente detonador para la discusión de conceptos físicos. En este sentido entran películas con tramas explícitamente científicas como *Gravedad* (Cuarón, 2013) o *Tesla* (Almereyda, 2020), y también películas de superhéroes, de acción o incluso dibujos animados. ¿Por qué la inclusión de este tipo de productos?

Hace algunos años, a partir de una investigación sobre imaginarios sociales a través del cine como recurso didáctico, argumenté sobre el potencial educativo de las películas consideradas de entretenimiento. En otra época se creía que la televisión y el cine educaba o mejor dicho “mal educaban”, pero en las últimas décadas, esta percepción o prejuicio ha ido disminuyendo, en parte, porque ahora esa connotación negativa la tienen las redes sociales. Esta perspectiva ha seguido evolucionando y autores como Casallo (2024) refieren al impacto positivo de narrativas audiovisuales —en su caso desde el anime— como un vehículo para que estudiantes perciban y experimente situaciones que promuevan reflexiones personales y pensamiento crítico. En el caso de estrategias inductivas, estos productos pueden apoyar la construcción de significado y



comprensión a partir de observar y discutir experiencias concretas. Este tipo de narrativas ligadas a la ciencia ficción, aunque lejos de elementos científicos o tecnológicos posibles como pueden ser los viajes en el tiempo, teletransportación o cualquier “superpoder”, curiosamente son las que más se han utilizado para la enseñanza. ¿Por qué? Muy probablemente, más allá de su popularidad, se debe a que, presentando elementos claramente inverosímiles desde los hechos científicos, son precisamente una excelente excusa para la contraargumentación (Cuevas, 2020).

¿Por qué nadie puede correr como lo hace *The Flash* en su última adaptación cinematográfica (Muschietti, 2023)? ¿Por qué es imposible un combate entre dos criaturas como King Kong y Godzilla como puede verse en la más reciente película de estos personajes (Wingard, 2024)? ¿Por qué no puede haber explosiones en el espacio como pudimos ver en *The Rise of Skywalker* (Abrahams, 2019)? ¿Por qué se puede viajar al futuro como lo planteaba Stephen Hawking, pero no al pasado como sucede en las películas de *Back to the Future* (Zemeckis, 1985) o *Terminator* (Cameron, 1984)? Estas ideas, tan aceptadas mientras son observadas en pantalla, pero tan lejanas cuando las discutimos como algo realmente posible, son sencillas de comparar con la tecnología y la ciencia conocida, por tanto, requieren precisamente un mínimo de nociones para poder ser refutadas, sobre todo cuando uno discute en cursos introductorios a las disciplinas científicas o con estudiantes de niveles básicos, nivel en donde se espera que se inserten laboralmente los futuros profesores que participan en esta intervención.

Grupo participante

Participaron 19 estudiantes, 7 hombres y 12 mujeres, de la Licenciatura en Enseñanza de las Matemáticas de la Facultad de Ciencias de la Educación, pertenecientes a sexto y octavo semestre. Cabe señalar que la materia es optativa, por lo que en primera instancia todos los participantes estuvieron interesados en la asignatura por encima de otras opciones vinculadas a la didáctica.

El proceso se llevó a cabo en el periodo enero-julio de 2024. La asignatura, como se mencionó anteriormente, no corresponde a un abordaje a profundidad en cuanto a la física, ya que, dentro de la misma institución, sobre todo en las Facultades de Ciencias e Ingeniería, se dan cursos sobre estos contenidos que abarcan varios semestres. Se puede considerar un curso introductorio a nivel disciplinar, pero enfatizando procesos didácticos para futuros profesores de niveles básico y medio superior.



Materiales y fases de la intervención

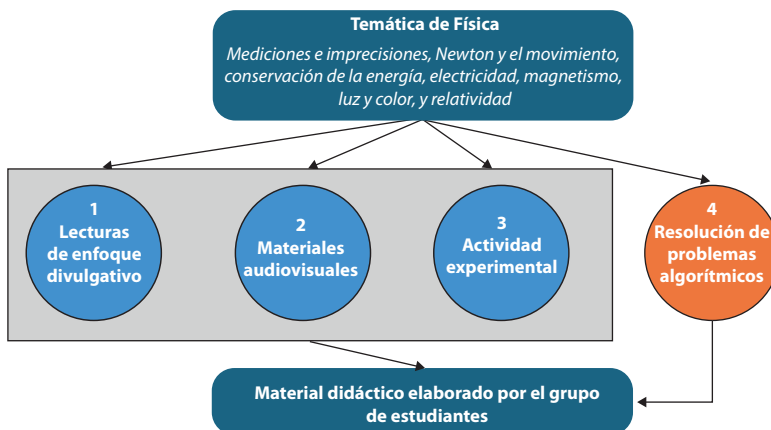
El grupo participó en su totalidad durante todo el proceso y las temáticas se dividieron en siete bloques:

- Mediciones e imprecisiones
- Newton y el movimiento
- Conservación de la energía
- Electricidad
- Magnetismo
- Luz y color
- Relatividad

Para fines ilustrativos de este aporte, se elige, como *corpus* de análisis, en lo referente al tema de movimiento y al tema de luz y color, uno de los temas iniciales y uno de los temas finales, respectivamente.

La metodología usada para todo el curso comprende cuatro fases por bloque. La primera tiene que ver con la comprensión conceptual, histórica y contextual de cada concepto central de los temas, la segunda tiene que ver con la observación de los materiales audiovisuales sobre el mismo tema, y la tercera tiene que ver con el eje centrado en la resolución de problemas de carácter matemático o algorítmico. Al finalizar cada uno de los temas, los estudiantes elaboran un miniproyecto con lo aprendido, con la consigna de que sea un material didáctico replicable para la enseñanza. Los elementos de la intervención se resumen en la figura 1.

Figura 1
Fases del proceso de intervención



Antes de abordar lo referente a la construcción conceptual y su metodología de análisis, es pertinente, una vez explicado el recorte del *corpus* de análisis a dos temáticas y al trabajo final del grupo de estudiantes, describir de forma breve las lecturas, materiales audiovisuales y actividades experimentales que abarcaron el tema de movimiento o leyes de Newton, y el tema de luz y color, en el orden que se han mencionado.

Acercamiento a las leyes de Newton desde la lectura de divulgación

La lectura detonadora para el concepto de movimiento y lo relacionado a las leyes de Newton, fue “Cuerpos en movimiento” del libro *Por amor a la física* (Lewin, 2012). Desde una perspectiva anecdótica e histórica, el autor abarca cuatro apartados principales. El primero refiere a ley de la inercia o “primera ley de Newton”, donde se plantea una situación que precisamente favorece un enfoque inductivo. ¿Cuándo hemos visto un cuerpo en permanente movimiento, sin que este se detenga?

Si bien, la mitad de esta ley nos parece algo totalmente cotidiano, es decir, que un cuerpo permanece en reposo hasta que otra fuerza actúe sobre este, es la segunda parte, es decir, que un objeto en movimiento continuará así hasta que algo lo detenga, donde cuesta más trabajo pensar en lo cotidiano, pues nos cuesta recordar un ejemplo así. Es aquí donde la inercia se vuelve contra la intuición, según el autor. No hemos visto que las cosas se muevan en línea recta indefinidamente.

Esto pone a pensar y a razonar a quien lo lee. Conceptos como rozamiento o fricción aparecen, actividades como el patinaje sobre hielo son nombradas. Desde este punto se favorece la discusión de actividades o fenómenos particulares hacia conclusiones más generales. Los apartados de la segunda ley de Newton (*fuerza = masa x aceleración*), las confusiones entre masa y peso, y la caída libre siguen esta misma lógica en el material. Una vez que ya fueron introducidos los conceptos centrales de movimiento desde la lectura, se procedió a trabajar con materiales audiovisuales donde pudieran ilustrarse las tres leyes de Newton en un contexto más dinámico y sobre todo visual.

Acercamiento a las leyes de Newton desde materiales audiovisuales

Se utilizaron fragmentos de las películas de superhéroes *Antman* (Reed, 2015), *Captain America: Civil War* (Russo, 2016) y *Avengers: Endgame* (Russo, 2019), cuyas principales imágenes se pueden observar en la figura



2. Los fragmentos fueron tres. El primero se centró en el “encogimiento” del personaje, algo que daba pauta, fuera de las posibilidades irreales de la trama, a entender las implicaciones del tamaño respecto al movimiento del personaje, así como su relación entre peso y masa. El segundo segmento, en el mismo sentido de la discusión, pero se centra en la versión gigante del personaje. Finalmente, el tercer segmento se centra en la lucha entre todos los superhéroes de las películas Marvel, donde emprenden una carrera desde el mismo punto de partida, unos mediante el vuelo, otros corriendo, otros balanceándose y también aparece el personaje Ant-man, de los otros segmentos en su versión gigante, sin embargo, todos parecen moverse a la misma velocidad, elemento detonador de la discusión.

Figura 2
Fragmentos de películas para el tema de movimiento



Fuente: tomado de Reed (2015) y Russo & Russo (2019).

El segundo elemento audiovisual es la película *Gravedad* (Cuarón, 2013). Aunque es una película considerada también de gran audiencia y multipremiada, el interés radica en pedirle al grupo de estudiantes que de manera libre ubiquen elementos referidos a las leyes de Newton, y si estos son presentados de manera correcta o no, argumentando en todos los casos. *Gravedad*, inercia, movimiento, las maniobras y las estrategias de los personajes, colisiones, desintegraciones, presión, descompresión y vacío, son algunos de los conceptos que pueden ser identificados y discutidos. A partir de la identificación y discusión de estos conceptos ya visibles, se procede a la experimentación.

Acercamiento a las leyes de Newton desde la experimentación

La experimentación en este bloque fue una serie de actividades sencillas. El primero refirió a replicar el experimento atribuido a Galileo y la torre de Pisa mencionado en la primera lectura de Lewin, limitándose a arrojar objetos con distintas formas y densidades desde una azotea y analizar lo que sucedía en cada caso o comparación. Un segundo experimente implicó el uso del péndulo de Newton y observar por qué la ley de inercia parece no cumplirse, y finalmente, el uso de un cohete de goma para discutir la segunda y la tercera ley de Newton. Un tercer experimento consistió en un reto sobre velocidad, que tenía que ver con caminar lo más rápido posible (sin correr) durante 3 segundos, tratando de encontrar la mejor técnica para cubrir la mayor distancia posible. Una vez encontrada, argumentar el porqué del logro, discusión centrada en la velocidad, el tiempo y la distancia recorrida.

176



Acercamiento al concepto de luz y color desde la lectura de divulgación

La lectura detonadora para discutir los conceptos de luz y color es “encima, debajo, dentro y fuera del arcoíris” (Lewin, 2012). Siguiendo con el estilo de experiencias concretas y cotidianas observables tanto en la naturaleza como en la actividad humana, el autor parte de una experiencia personal sobre puntos de luz en su pared, formados por la luz solar a través de las hojas de un árbol y como algo tan sencillo puede generar asombro.

El arco iris es un elemento central del texto, donde el autor habla desde una perspectiva histórica la fascinación en científicos como Newton y Haytham con los fenómenos referidos a la luz. A partir de aquí se narran las tres condiciones que se requieren para que se genere un arco iris: el Sol debe encontrarse a espaldas de quien observa, debe haber lluvia en el cielo y no debe haber nubes que bloqueen la luz. Se menciona el fenómeno de difracción a partir de entender que la luz (blanca) que pasa por las gotas de agua se descompone en los colores visibles que nuestros ojos pueden captar. Después de algunos cálculos simples para conocer la distancia y altura de un arco iris, Finalmente, menciona algunos consejos prácticos para buscar arco iris, algo que se retoma en las actividades de experimentación.

Acercamiento al concepto de luz y color desde materiales audiovisuales

Se utilizó como material audiovisual el episodio 5 de la serie *Cosmos: una odisea por el espacio tiempo* titulado “Ocultas a plena luz del día”, el cual

se centra en la exploración de la teoría ondulatoria de la luz y cómo ha sido estudiada a lo largo de la historia, pasando por filósofos como Mozi o el científico árabe Ibn Al-Haytham (mencionado en la lectura previa), quien fue de los primeros en estudiar la naturaleza de la luz y planteó las bases para el posterior invento del telescopio.

Otro bloque importante del documental es la mención del trabajo de Isaac Newton y su demostración de que la luz está compuesta por un espectro visible mediante experimentos con difracción a través de prismas. También se aborda el trabajo de Von Fraunhofer sobre las líneas espectrales de la luz visible y su relación por la absorción de luz por electrones. Siguiendo esta perspectiva histórica y de descubrimientos, se finaliza con las bases de la astronomía y cómo hemos podido observar las estrellas y los planetas, ver su composición, así como comprender el movimiento y la expansión del universo.

Acercamiento al concepto de luz y color desde la experimentación

La experimentación de este bloque, a diferencia del bloque de movimiento ya mencionado, sí requirió materiales muy específicos para su realización, además de algunas condiciones básicas de infraestructura como espacios oscuros. Se dividió en tres, uno por cada fenómeno ligado a la luz y al color abordados tanto en el material audiovisual como en la lectura detonadora. Una serie de experimentos ligados a la reflexión, otros ligados a la refracción y otros ligados a la difracción de la luz. Es importante señalar que parte del proceso inductivo refiere a que no se parte de los conceptos, sino que, a partir de esta serie de experimentos, el grupo de estudiantes debe identificar las propiedades y características de cada fenómeno observado y posteriormente sacar conclusiones comparativas. De ahí, se puede entonces deducir cada uno de los tres conceptos (reflexión, refracción, difracción).

En cuanto a la reflexión de la luz, este es probablemente el más conocido o cotidiano de los fenómenos, ya que, en palabras de los propios estudiantes, todos nos vemos reflejados a diario en un espejo al menos una vez. Sin embargo, la actividad incluye algo no tan cotidiano, como el uso de apuntadores láser y algunos prismas y espejos curvos como se aprecia en la figura 3, elemento que vuelve visible los cambios de dirección de la luz. Adicional a esto, se añade una actividad con un par de espejos simples mientras se va aumentando o disminuyendo el ángulo entre ellos, a la vez que se analiza si los reflejos o proyecciones de las imágenes

vistas en los espejos, van aumentando o disminuyendo en número, como se aprecia en la figura 4. Para el caso de la refracción, los experimentos son muy sencillos, ya que solo involucran recipientes de distintas formas, principalmente esféricos y ovalados, para comparar como se ve un objeto en situación real y aparente, similar a cuando introducimos un popote a una bebida, o como se agranda un objeto al verlo a través de una pecera esférica, haciendo alusión a nuestros ojos a través de una lupa.

Figura 3
Actividad con láseres

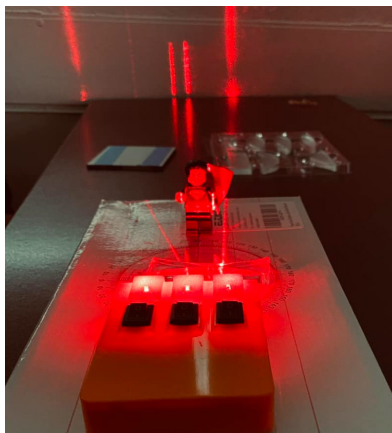


Figura 4
Actividad con espejos sobre reflexión



Finalmente, para el caso de la difracción, la experimentación es algo más extensa y sofisticada en cuanto a material especializado, pero a la vez de bajo costo (figura 5), ya que este concepto o fenómeno se vincula a la vez con el fenómeno central de la lectura detonadora y el material audiovisual, es decir, el arco iris y el espectro visible de la luz. Se lanzan algunos retos y preguntas simples como: “¿Por qué vemos roja una manzana?”, para de ahí hablar de como los colores de los objetos que vemos, es la parte de la luz blanca que rebota a nuestros ojos, mientras que el resto de los colores del espectro no rebota, sino que es “absorbido” por el objeto en cuestión.

Por último, el grupo de estudiantes utiliza filtros de celofán verde y rojo para ver cómo percibimos los colores de los objetos a través de éstos, cuáles se notan más, cuáles menos y qué tiene que ver esto con el orden en que se difracta la luz (rojo, naranja, amarillo, verde, azul y violeta). Si tienen dudas o no recuerdan cómo es el orden del espectro, utilizan unos lentes de difracción de bajo costo, lo que se muestra más a detalle en el análisis de resultados. Sin mencionar la difracción como tal, a partir del “comportamiento” de los colores en su vista a utilizando esta variedad de filtros, se pide a los estudiantes realicen un diseño a forma de dibujo donde puedan colocar un mensaje oculto, el cuál sea identificable solo a partir del filtro (celofán) rojo.

Figura 5
Lentes de difracción similares a los utilizados en la clase



Fuente: adaptado de Google (2024).

Método de análisis

El análisis es de orden cualitativo ya que más que generalidades, el interés radica en los casos particulares de la construcción conceptual de cada estudiante y la capacidad de plasmarlo en un material didáctico concreto. La referencia sobre la construcción de conocimiento conceptual y su proceso de evaluación parte de los postulados de Ahumada (2005), cuyo planteamiento se identifica con el constructivismo social, pues el conocimiento conceptual va más allá de la memorización de datos o de hechos, e implica una comprensión más profunda de los conceptos clave de un área de conocimiento y cómo estos se relacionan. Esta forma de aprendizaje de los conceptos permite a quien aprende hacer transferencias de lo aprendido a nuevas situaciones y problemas, en lugar de repetir la información de manera mecánica, algo que va más relacionado a las definiciones de carácter enciclopédico.

Si se piensa en un enfoque de construcción conceptual de estas características, la evaluación debe ir en este mismo sentido, lejos de los exámenes tradicionales o incluso, de las pruebas estandarizadas. ¿Por qué? Este tipo de pruebas, centradas en la memorización, tienden a enfocarse en la reproducción de procedimientos o repetición de datos, sin requerir que quien aprende demuestre una comprensión conceptual más profunda.

Siguiendo con Ahumada, para evaluar este tipo de conocimiento se propone una “evaluación auténtica” alejada de exámenes tradicionales, la cual se centra en tareas más complejas y significativas que reflejen situaciones cotidianas. Estas tareas, requieren que el conocimiento conceptual sea aplicado en la resolución de problemas, la toma de decisiones y que se demuestre su capacidad de transferencia.

Este tipo de evaluación implica algunas características como tareas que reflejen situaciones del mundo real, que quien aprende aplique su conocimiento en productos o situaciones concretas, centrarse en el proceso de construcción y no solo en el resultado final, y proporcionar información a quien enseña sobre el progreso y las dificultades de quien aprende. Por otra parte, las ventajas de este tipo de evaluación son la promoción de un aprendizaje más profundo y significativo, y permitir a quien aprende demostrar su comprensión (conceptual) en contextos que le sean reconocibles. Además, más allá de las ventajas mencionadas, implica también algunos desafíos y limitaciones. El primero tiene que ver con tiempo y recursos para diseñar y calificar este tipo de tareas. No es que en grupos numerosos no pueda realizarse un proceso de esta naturaleza, pero en definitiva no podrá ser durante todo un curso, se deben seleccionar ciertas



temáticas solamente. En el caso que corresponde a este aporte, fue posible durante todo un ciclo escolar por ser un grupo menor a veinte personas.

Otro reto es que este tipo de propuestas, por quienes se insertan en paradigmas de orden más cuantitativo, puede ser etiquetado como demasiado subjetivo, sin embargo, sí existen propuestas de confiabilidad como se mencionará en el siguiente apartado, pero en definitiva sigue siendo el criterio del profesor, su propio dominio conceptual y el objetivo específico de cada proceso, los elementos centrales de la rigurosidad metodológica. Por último, para estudiantes que no están acostumbrados a tareas complejas de este tipo o que involucren su creatividad, se sugiere también hacerlo gradualmente.

Instrumentos

En este tipo de propuesta de intervención, los instrumentos de evaluación se centran en evaluar habilidades y conocimientos en situaciones reales y contextualizadas, en lugar de depender (únicamente) de pruebas estandarizadas descontextualizadas. Los instrumentos son muchos y variados, incluyen desde rúbricas a pruebas de desempeño (Ahumada, 2005), pero para fines de este aporte, se hará énfasis en dos: portafolios de evidencias y proyectos y presentaciones.

Los portafolios son una herramienta en cierto sentido popular para evaluar progresos y logros. Esta colección (organizada) de evidencias, puede ser también consultada por quienes estudian para ver sus avances. El uso del portafolios también promueve evaluar elementos que son difíciles de medir de manera aislada o con pruebas estándar como el pensamiento crítico o la comunicación. Estos elementos son esenciales en este aporte por ser habilidades esenciales en la docencia. Derivado de esto, la reflexión y la autoevaluación también pueden contemplarse, ya que, al revisar sus propios trabajos y progresos, pueden identificar fortalezas y áreas de mejora, desarrollando una mayor conciencia de su aprendizaje. Para finalizar, el potencial del portafolio permite que otros interesados en el proceso de aprendizaje se involucren más activamente, en este caso, sus pares. Esto puede incluir la revisión con el resto del grupo, y la discusión de sus progresos y logros. También favorecen una imagen más completa y auténtica del desempeño por la variedad de trabajos expuestos.

Para su implementación más efectiva se sugiere que los objetivos sean claros y específicos. Esto incluye definir las habilidades y conocimientos que se están evaluando. También se deben organizar de manera que sean relativamente fáciles de dar seguimiento. Esto puede incluir la



creación de secciones específicas como temáticas o periodos temporales. Si es posible, la retroalimentación con el docente también debe ser contemplada. Cabe resaltar aquí que, posterior al trabajo en línea durante la pandemia de 2019, la normalización de plataformas educativas como forma de trabajo habitual facilitó mucho la utilización de un portafolio, sobre todo en la forma de estructurarlo y organizarlo cronológicamente. En este caso, se utilizó la plataforma Google Classroom. Eso también facilita la retroalimentación individual.

En cuanto a los proyectos y presentaciones como herramienta de evaluación, estos favorecen la creatividad de quienes aprenden, ya que existe cierta flexibilidad de incorporar, en este caso, los conceptos abordados con situaciones no solo cotidianas, sino de su interés particular. Los criterios de evaluación son muy similares a los ya mencionados en el portafolio, centrados en la toma de decisiones, la forma de comunicar y el pensamiento crítico. Para propósitos del aporte, la creatividad y la innovación fueron también esenciales, ya que hablamos de que los proyectos generados se solicitaron con una intención didáctica y replicable en las aulas. Se consideró un proyecto breve para cada uno de los siete bloques temáticos, en este aporte se mostrarán los correspondientes a los dos bloques seleccionados: movimiento y luz.

182



Análisis y resultados

Los datos se presentan en el mismo orden del *corpus* de análisis que se mencionó en el apartado anterior, iniciando con el bloque que se refiere al movimiento (tabla 1). Los trabajos seleccionados son un ejercicio de preguntas reflexivas sobre la película *Gravedad* y una serie de preguntas del mismo tipo sobre los tres segmentos de video de las películas *Antman*, *Capitán América: guerra civil* y *Vengadores: juego final*. Las preguntas relativas a las películas fueron:

1. Tres aciertos que muestra la película respecto a las leyes de Newton.
2. Tres errores o inconsistencias que muestra la película respecto a las leyes de Newton.

Tabla 1
Respuestas de los estudiantes*

Estudiante 1
Ejercicio de análisis, película <i>Gravity</i>
1. Tres aciertos que muestra la película respecto a las leyes de Newton
Podemos ver la ley de la inercia en cada objeto en el espacio, o la misma protagonista que siguen en movimiento cuando no hay nada que los detenga, yendo a la deriva.
La 3ra ley de acción-reacción se puede ver cuando la protagonista utiliza el extintor para acercarse a la estación, la fuerza que produce la impulsa en dirección contraria.
La 4ta ley de fuerza gravitacional se ve en todos los objetos que permanecen en órbita alrededor del planeta.
2. Tres errores o inconsistencias que muestra respecto a las leyes de Newton
Cuando la protagonista esta enganchada del pie a la base y sujeta a su compañero de una sog, este no tiene sentido que esté siendo jalado hacia y de la nada.
Los movimientos bruscos por fuera de la nave sin más propulsión que la fuerza de la protagonista no cumplen con la 3ra ley de Newton.
Cuando hay colisiones con las otras naves, solo se rompen, pero muchas veces no se mueven como deberían considerando la fuerza de las colisiones.
Estudiante 2
1. (Inercia) cuando la tripulante se extravía, va en constante movimiento, hasta que el compañero ejerce una fuerza para atraparla. (Dinámica).
La diferencia de la estación con la nave son distintas y el arrancar se ejercen diferente fuerza y aceleración por las diferentes masas. (Acción reacción) la basura cósmica al tener movimiento choca con otros objetos e impacta tanto que se pueden generar acciones hacia la misma dirección o puede frenar y dirigirse a sentidos opuestos.
2. Las lágrimas que recorren la cara del científico no flotan.
Al abrir la cápsula de escape, la científica que estaba dentro no tuvo reacción, aunque solo fue su imaginación.
Al aterrizar, la científica salió inmediatamente de la nave sin reacción en su cuerpo por las diferentes fuerzas gravitacionales.
Estudiante 3
1. Tres aciertos que muestra la película respecto a las leyes de Newton
Cuando la protagonista se desprende de una estructura en el espacio, experimenta una trayectoria curva debido a la gravedad de la Tierra. Esto está en línea con la ley de la gravitación universal.





En varias escenas, los personajes experimentan la falta de resistencia al movimiento en el vacío del espacio, mostrando la inercia en acción; por ejemplo, cuando la doctora está en el espacio, sin moverse ni estar sujeta a nada y llega su compañero por ella, pero no logra detenerse antes de tocar con ella y ese toque hace que la doctora se mueva.

Cuando los personajes utilizan propulsores, o incluso en una escena, el extintor, experimentan una reacción en sentido opuesto, moviéndose en la dirección contraria; esto va acorde a la ley de acción-reacción.

2. Tres errores o inconsistencias que muestra la película respecto a las leyes de Newton

En varias escenas de la película, los personajes principales desaceleran repentinamente, o detienen por completo su movimiento en el espacio sin la aplicación de una fuerza externa, según la primera ley de Newton, un objeto en movimiento permanecerá en movimiento a menos que una fuerza externa actúe sobre él. Por lo tanto, en el vacío del espacio, donde no hay fricción significativa, los personajes no deberían detenerse tan bruscamente sin la intervención de una fuerza.

La película presenta movimientos rápidos y cambios de órbita que son poco realistas; cambiar de una órbita a otra requeriría una cantidad significativa de energía y propulsión. (no es equivalente la fuerza hacia ambos lados, acción reacción).

En algunos momentos, muestra una velocidad extrema de aproximación de objetos debido a la gravedad, como si estuvieran cayendo repentinamente hacia la Tierra. Este tipo de representación va en contra de los principios de la Ley de Gravitación Universal

Estudiante 4

1. Tres aciertos que muestra la película respecto a las leyes de Newton

La primera Ley de Newton (Ley de la Inercia) ya que se observa cómo los astronautas y los objetos se mantienen en reposo hasta que algo los hace que se muevan.

La tercera Ley de Newton (Acción y reacción) cuando los astronautas usan los propulsores para moverse.

La cuarta Ley de Newton (Ley de fuerza gravitatoria) cuando los astronautas salen disparados hacia el espacio, eran atraídos por la fuerza gravitatoria ya sea de la luna o la tierra.

2. Tres errores o inconsistencias que muestra la película respecto a las leyes de Newton

Cuando el astronauta se soltó se fue disparado rápido y debería ser más lenta la ley de la fuerza gravitatoria.

Se exagera la velocidad de movimiento y eficiencia de los propulsores.

El sonido de las explosiones.

* Se omiten los nombres de cada estudiante. Se muestran las respuestas de cuatro estudiantes. Las respuestas respetan la forma de escritura de cada estudiante, incluyendo algunas fallas de redacción y ortografía para mantener los datos en la forma en que se recibieron.

En la proyección de la película *Gravedad*, los estudiantes lograron identificar los siguientes **aciertos** acerca de las Leyes de Newton: El **primer estudiante** contestó que la Ley de la Inercia “se observa en los objetos que se mantienen en movimiento en el espacio, incluyendo a la protagonista, que sigue desplazándose sin detenerse cuando no hay ninguna fuerza que la frene”. En este mismo sentido, identificó que la Ley de Acción-Reacción se ilustra “cuando la protagonista usa un extintor para acercarse a la estación espacial; la fuerza ejercida por el extintor la impulsa en dirección contraria”. Como último acierto, identificó la Ley de la Fuerza Gravitacional “en los objetos que permanecen en órbita alrededor del planeta”.

El **segundo estudiante**, señaló que la Ley de la Inercia “se aprecia cuando una tripulante se extravía y continúa en movimiento constante hasta que su compañero aplica una fuerza para atraparla”. También observó que la Ley de la Dinámica “se refleja en las diferencias de fuerza y aceleración observadas entre la estación y la nave espacial debido a sus diferentes masas”. Finalmente, vinculó la Ley de Acción-Reacción en “la basura cósmica en movimiento, considerando que al impactar otros objetos genera reacciones que pueden dirigirla en la misma dirección o hacerla cambiar de sentido”.

El **tercer estudiante** afirmó que la Ley de la Gravitación Universal “se evidencia cuando la protagonista se desprende de una estructura y sigue una trayectoria curva debido a la gravedad de la Tierra”. Respecto a la Ley de la Inercia, responde que esta “se muestra en escenas donde los personajes experimentan la falta de resistencia en el vacío del espacio; por ejemplo, cuando la doctora no está sujeta a nada y su compañero llega hacia ella, pero no puede detenerse antes de empujarla, generando su movimiento”. Adicionalmente, comentó que la Ley de Acción-Reacción se ve “cuando los personajes usan propulsores o un extintor, observando cómo la fuerza genera una reacción opuesta que los impulsa en dirección contraria”.

La **cuarta estudiante** seleccionada en este bloque contestó que la Ley de la Inercia “se observa en los astronautas y objetos que permanecen en reposo hasta que algo externo los mueve”. También sostuvo que la Ley de Acción-Reacción “se refleja cuando los astronautas utilizan propulsores para desplazarse”. Y, finalmente, comentó que la Ley de Gravitación “se percibe en los astronautas que son atraídos por la fuerza gravitatoria de la Tierra o la Luna”.

En cuanto a los **errores** detectados en las escenas de la película referida, los estudiantes expresaron lo siguiente: El **primer estudiante** argumentó que “en una escena la protagonista está enganchada del pie a

una base y sujeta a su compañero con una soga, pero que no tiene sentido que su compañero sea jalado hacia el espacio de manera inexplicable”. Además, identificó que “los movimientos bruscos de los personajes fuera de la nave, sin ninguna propulsión adicional, no cumplen con la Ley de Acción-Reacción”. Para concluir, comenta que “en las colisiones entre naves espaciales estas solo se rompen, pero no se mueven como deberían hacerlo si se aplicaran correctamente las leyes de las fuerzas involucradas”.

Por su parte, el **segundo estudiante**, indicó que “las lágrimas que recorren el rostro de la científica no flotan en el espacio como deberían hacerlo”. Además, identifica que “al abrir la cápsula de escape, la científica no experimenta ninguna reacción, lo cual parece más una representación imaginaria que física”. También criticó que “la protagonista aterriza y sale de la nave sin mostrar efectos físicos en su cuerpo, contradiciendo la influencia de las fuerzas gravitacionales diferentes”.

El **tercer estudiante** expuso que “en algunas escenas los personajes desaceleran o se detienen repentinamente en el espacio sin una fuerza externa aplicada, lo cual contradice la Ley de la Inercia”. También puso en duda los cambios rápidos de órbita presentados en la película, respondiendo que “tales maniobras requerirían una gran cantidad de energía y propulsión”. Para concluir, sustentó que “las aproximaciones extremadamente veloces de algunos objetos hacia la Tierra no respetan los principios de la Ley de Gravitación Universal”.

Por último, la **cuarta estudiante** expresó que “en una escena un astronauta se suelta y es lanzado rápidamente, cuando en realidad debería moverse más lentamente debido a la Ley de la Fuerza Gravitacional”. También declaró que la película “exagera la velocidad de los movimientos y la eficiencia de los propulsores utilizados”. En el último error identificado, apuntó que “se escuchan sonidos de explosiones en el espacio”, lo cual es inconsistente con la física del vacío.

El análisis de estas respuestas, como se mencionó, se centra en la comprensión de conceptos vistos o analizados en otro momento, la relación entre estos, la transferencia a otras situaciones y el pensamiento crítico. A partir de la inducción sobre situaciones concretas que la película muestra, cada estudiante puede variar sus respuestas hacia la generalización o deducir que tan cerca está cada situación de las leyes de Newton vistas previamente, pues no hay una específica a la cual llegar, sino la capacidad de identificar los conceptos dentro de las escenas, en este sentido es notorio cómo se identifican diversas situaciones y todas pueden tener argumentos válidos.

Algunas respuestas dan conceptos concretos del movimiento o de las leyes de Newton, como la primera que hace alusiones explícitas a la



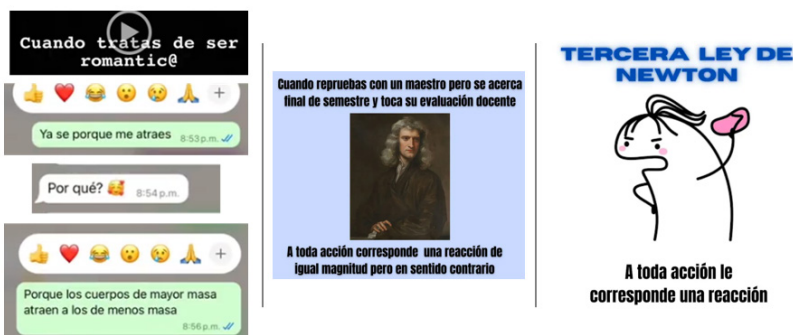
inercia, la acción-reacción o la fuerza gravitacional, todas de forma correcta. Mientras algunas respuestas van más en relación con los objetos pequeños, como los extintores o los propios protagonistas, otras respuestas van más en el sentido de los objetos grandes, como las naves, las estaciones espaciales o el planeta Tierra. Respecto a los errores detectados, las respuestas son aún más variadas.

Comentan de exageraciones en parámetros de velocidad, de distancias o el detalle de objetos como el cabello y las lágrimas que parecen no responder a las tres leyes. Aparece también el incumplimiento de otros fenómenos no necesariamente ligados a las leyes de Newton, como el sonido en el espacio, las habilidades que habría de tener una persona para navegar con un extinguidor en el vacío o los problemas de descompresión inmediata que se muestran en la protagonista al volver a la Tierra.

Las respuestas con los fragmentos de los superhéroes siguieron esta misma tónica, aunque fue más sencillo encontrar las fallas, pues son muy evidentes en cuanto a fuerza, velocidad y resistencia de los personajes. Al menos, en el caso del personaje Antman, elementos como la velocidad requerida para recorrer distancias como un simple baño en su tamaño reducido como hormiga, o la ventaja que tendría sobre otros personajes también al recorrer grandes distancias en su tamaño gigante, fueron notorias. En menor medida se dieron discusiones sobre lo que pasaría con la densidad de alguien que no cambia de masa, pero sí de tamaño.

En cuanto al proyecto final de este bloque, se pidió al grupo que elaboraran su material didáctico correspondiente para ilustrar algo referente a las leyes del movimiento de Newton. Con fines ilustrativos de análisis, se presentan igualmente cuatro ejemplos en la figura 6.

Figura 6
Extractos de los proyectos finales del bloque sobre movimiento



Respecto al segundo bloque (tabla 2), también se presentan algunos extractos de las preguntas para discusión posteriores a la lectura de Lewin sobre el arcoíris y cómo a partir de este fenómeno tan conocido se pueden explicar conceptos que tienen que ver con la luz, como la difracción. Esta parte del portafolio se realizó posterior a la lectura de divulgación y al experimento con lentes de refracción mencionado en el apartado anterior. Las preguntas de este ejercicio fueron las siguientes:

1. ¿Cómo se explica la formación del arco iris primario y secundario según la teoría de la refracción y reflexión de la luz en las gotas de agua? ¿Qué diferencias hay entre ambos arcos?
2. ¿Qué relación hay entre la formación del arcoíris y el experimento de difracción con lentes que hicimos en clase?
3. ¿Cómo podrían los profesores de matemáticas integrar la enseñanza de conceptos de óptica y refracción, como los mostrados en la lectura y en los experimentos realizados en clase, para enriquecer la experiencia educativa de los estudiantes?

Tabla 2
Respuestas transcritas a las preguntas
sobre luz pertenecientes al portafolio

Estudiante 1
1. ¿Cómo se explica la formación de los arcos iris primario y secundario según la teoría de la refracción y reflexión de la luz en las gotas de agua? ¿Qué diferencias hay entre ambos arcos?
Ambos arcoíris se forman porque la luz del sol al pasar por las gotas de agua se refracta y la luz blanca se “separa” en los colores que la componen a distintos ángulos; la
diferencia entre ambos es que en el arcoíris secundario la luz pasa por dos reflexiones dentro de las gotas de agua y es por lo tanto más tenue.
2. ¿De qué manera el experimento de la doble rendija de Young demostró que la luz está compuesta por ondas y no por partículas? ¿Cómo se relaciona esto con la formación de arcos supernumerarios en gotas de lluvia pequeñas?
Porque si se comportase siempre como compuesta de partículas al momento de tener dos rendijas algunas de las partículas pasarían por una y otras por otra, pero al ser ondas se forman patrones de interferencia que pasan cuando interactúan dos ondas; se relaciona con los arcos supernumerarios porque en las gotas de lluvia muy pequeñas las ondas de los diferentes colores interfieren más con los de los otros colores formando estas zonas oscuras o blancas que caracteriza a este tipo de arcos.



3. ¿Qué relación hay entre la formación del arcoíris y el experimento de difracción con los lentes que hicimos en clase?

Considero que la mica de los lentes actúa como la gota de agua, haciendo que la luz al entrar en ellos se refleja y refracta antes de llegar a nuestra mirada, y es por ello que podemos observar ese campo de colores al usar los lentes.

Estudiante 2

1. ¿Cómo se explica la formación de los arcos iris primario y secundario según la teoría de la refracción y reflexión de la luz en las gotas de agua? ¿Qué diferencias hay entre ambos arcos?

La formación de arcoíris primario y secundario se diferencian por la cantidad de rebote que tiene la luz dentro de la gota de agua, ya que para el arco primario el rayo de luz se refleja una sola vez, y para el arco secundario, se reflejan 2 veces antes de salir y refractarse.

2. ¿De qué manera el experimento de la doble rendija de Young demostró que la luz está compuesta por ondas y no por partículas? ¿Cómo se relaciona esto con la formación de arcos supernumerarios en gotas de lluvia pequeñas?

Lo demostró debido a que dividió en 2 un fino haz de luz solar y observó un patrón que solo se podía explicar si la luz estaba formada por ondas, si estuviese formado por partículas, cada partícula pasaría por uno u otro de los agujeros (no por ambos) y se verían como 2 puntos brillantes en lugar del patrón. Esto se relaciona con la formación de arcos supernumerarios en gotas pequeñas por los efectos de la interferencia (difracción), ya que la interferencia de las ondas de luz es la que produce las franjas oscuras y brillantes.

3. ¿Qué relación hay entre la formación del arcoíris y el experimento de difracción con lentes que hicimos en clase?

La relación que existe entre la formación del arcoíris y el experimento es que la luz que nos colocaron al pasar por los lentes hace que la luz blanca se divida entre sus distintos componentes de colores produciendo un patrón de colores con longitudes similares

al de un arcoíris mientras que la formación del arcoíris actúa de la misma manera cuando la luz solar atraviesa una gota de agua esta se refracta así provocando que la luz blanca se descompone en los colores ya conocidos.

Estudiante 3

1. ¿Cómo se explica la formación de los arcos iris primario y secundario según la teoría de la refracción y reflexión de la luz en las gotas de agua? ¿Qué diferencias hay entre ambos arcos?

La formación de arcoíris primario y secundario se diferencian por la cantidad de rebote que tiene la luz dentro de la gota de agua, ya que para el arco primario el rayo de luz se refleja una sola vez, y para el arco secundario, se reflejan 2 veces antes de salir y refractarse.





2. ¿De qué manera el experimento de la doble rendija de Young demostró que la luz está compuesta por ondas y no por partículas? ¿Cómo se relaciona esto con la formación de arcos supernumerarios en gotas de lluvia pequeñas?

Lo demostró debido a que dividió en 2 un fino haz de luz solar y observó un patrón que solo se podía explicar si la luz estaba formada por ondas, si estuviese formado por partículas, cada partícula pasaría por uno u otro de los agujeros (no por ambos) y se verían como 2 puntos brillantes en lugar del patrón. Esto se relaciona con la formación de arcos supernumerarios en gotas pequeñas por los efectos de la interferencia (difracción), ya que la interferencia de las ondas de luz es la que produce las franjas oscuras y brillantes.

3. ¿Qué relación hay entre la formación del arcoíris y el experimento de difracción con lentes que hicimos en clase?

En que tanto como la gota como los lentes no tienen forma plana, sino que tienen curvaturas que hacen que la luz cambie muchas veces su dirección y al ser tan pequeños y en varias ocasiones es lo que permite el fenómeno de difracción.

Las respuestas, en su mayoría, aluden a la analogía implícita entre el experimento concreto —ver luz blanca de un foco común a través de unos lentes de difracción— y el fenómeno de la lluvia descrito a forma de anécdota por Lewin. La gran mayoría identifica la emisión de luz blanca del Sol y del LED blanco como un fenómeno equiparable, así como la función de las gotas de lluvia con las rejillas de difracción que tienen los lentes. En algunos casos llegan a mencionar que la forma “no plana” de ambos es la causa principal para que la luz pueda ser descompuesta en el espectro visible.

En cuanto al **primer bloque de preguntas**: ¿Cómo se explica la formación del arco iris primario y secundario según la teoría de la refracción y reflexión de la luz en las gotas de agua? ¿Qué diferencias hay entre ambos arcos?: El **primer estudiante** comentó que la formación del arco iris primario y secundario “se debe a la refracción de la luz solar al atravesar las gotas de agua, separándose en los colores que la componen”. Comentó que la diferencia entre ambos arcos radica en que “en el arco iris secundario la luz experimenta dos reflexiones dentro de las gotas, lo que lo hace más tenue”. El **segundo estudiante** dijo que la formación del arco iris primario y secundario “se explica por el número de reflexiones que la luz realiza dentro de una gota de agua: en el arco primario, la luz se refleja una sola vez, mientras que en el secundario se refleja dos veces antes de refractarse y salir”. Finalmente, el **tercer estudiante** expuso que los arco iris primario y secundario se forman debido “a la refracción de la luz en las gotas de agua, diferenciándose en el número: una para el primario y dos para el secundario”.

Respecto al **segundo bloque de preguntas**: ¿De qué manera el experimento de la doble rendija de Young demostró que la luz está compuesta por ondas y no por partículas? ¿Cómo se relaciona esto con la formación de arcos supernumerarios en gotas de lluvia pequeñas? El **primer estudiante** señaló que, se “demostró que la luz está formada por ondas y no por partículas, ya que las ondas producen patrones de interferencia al interactuar”, y relacionó este fenómeno con los arcos supernumerarios, recordando que “en gotas de lluvia pequeñas las ondas de luz de diferentes colores interfieren más, generando zonas oscuras o blancas características de dichos arcos”. El **segundo estudiante** destacó que el experimento demostró la naturaleza ondulatoria de la luz al dividir un haz de luz en dos y observar patrones de interferencia que no se producirían si estuviera compuesta por partículas. La relación que hizo con los arcos supernumerarios fue mediante el argumento de que la interferencia de ondas de luz en gotas de lluvia pequeñas genera franjas oscuras y brillantes. El **tercer estudiante** declaró que el experimento probó que la luz se comporta como una onda, en un argumento muy similar al segundo estudiante. Respecto a la relación con los arcos supernumerarios, aludió a que la interferencia de ondas “en gotas muy pequeñas produce esas franjas características”.

En relación con el **tercer bloque de preguntas**: ¿Qué relación hay entre la formación del arcoíris y el experimento de difracción con lentes que hicimos en clase? El **primer estudiante** dijo que “el experimento de difracción incluía “una mica que actúa como una gota de agua, refractando y reflejando la luz para producir un campo de colores visible”. El **segundo estudiante** señaló que la relación entre la formación del arco iris y el experimento con lentes radica en que “ambos fenómenos implican la descomposición de la luz blanca en sus componentes de colores, ya sea a través de gotas de agua o al pasar por lentes curvados”, mientras que el **tercer estudiante** explicó que “tanto las gotas de agua como los lentes tienen curvaturas que hacen que la luz cambie de dirección repetidamente, permitiendo observar patrones de colores similares a los de un arco iris”.

Por otra parte, el proyecto de este bloque refirió también al espectro luminoso visible. Después de identificar que mediante la difracción el patrón de colores siempre es el mismo en cuanto a orden, se corroboró que algunos colores llamados fríos (verde azul y violeta), se oscurecen al ser filtrados por algún color del otro lado del espectro (rojo, naranja o amarillo). A partir de detectar estos patrones, se pidió como generalidad que utilizaran estas características para diseñar un mensaje oculto, que úni-



camente fuera descubierto utilizando un filtro (papel celofán rojo). Este aspecto exige la comprensión del filtro respecto al espectro visible, pero a la vez da una enorme flexibilidad para que se desarrolle el pensamiento creativo. Para muestra se presentan dos ejemplos en la figura 7, donde se ve cómo luce un mensaje sin filtro y con filtro; mientras que en la figura 8 se muestran algunos diseños hechos por el grupo de estudiantes. Los patrones son identificables, sin embargo, si el lector tiene a la mano un papel celofán rojo, puede utilizarlo y serán más claros los mensajes.

Figura 7
Diseño sin filtro y con filtro

192

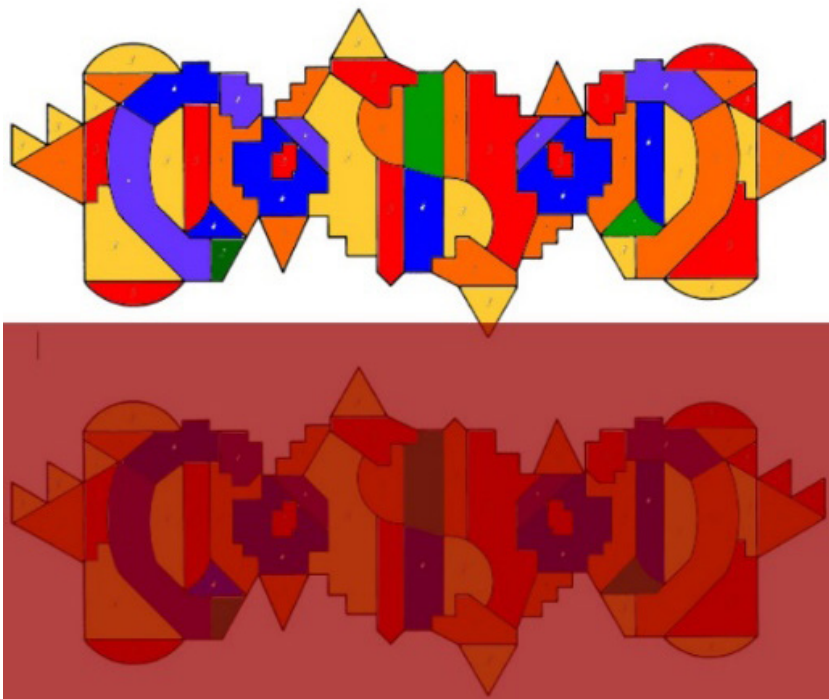
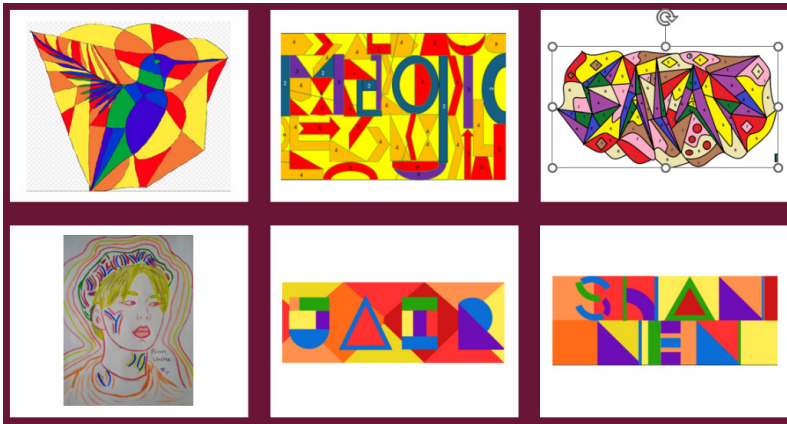


Figura 8
Algunos diseños del grupo



Resultados del uso de las estrategias

Retomando lo planteado por Andrade *et al.* (2018), el estudiante ha tenido históricamente un papel receptor y pasivo en el aprendizaje de definiciones científicas y fórmulas garantizadas. Una participación más activa de experiencias de aprendizaje los coloca en un proceso de aprendizaje significativo. La afirmación de que la ciencia es una combinación de imaginación y lógica puede no ser algo tan común, pero las suposiciones y teorías para imaginar cómo funciona el mundo, es algo que requiere tanta creatividad como las artes.

En este sentido, las estrategias inductivas utilizadas en esta investigación alcanzan a mostrar que la inducción, a veces en forma de experimentación o mediante las lecturas de divulgación, es efectiva para promover la construcción conceptual de temas de física entre los futuros profesores de la Licenciatura en Enseñanza de las Matemáticas. A diferencia de los enfoques más tradicionales, centrados en la resolución de problemas y el aprendizaje memorístico de definiciones, las estrategias inductivas muestran que los estudiantes pueden, en efecto, partir de particularidades para llegar a la comprensión de conceptos más generales.

El uso de materiales audiovisuales y lecturas de divulgación científica como detonadores de esta inducción, en lugar de libros de texto de carácter más convencional, logró fomentar que el grupo de estudiantes reflexionara sobre las aplicaciones y el contexto de los conceptos físicos, en lugar de enfocarse únicamente en el formalismo matemático. Esto les

permitió desarrollar una comprensión más integral de temas como el movimiento y la luz, trascendiendo el simple dominio procedimental.

Varios estudiantes hicieron conclusiones a partir de vincular los tres aspectos y no en orden lineal, sino que algunos les dieron sentido a las lecturas a partir de una observación directa del material audiovisual, o bien, a partir de la experimentación. También ocurrió de forma inversa, es decir, utilizar las lecturas de divulgación para poder nombrar los elementos visuales o experimentales. Bajo esta lógica, es posible hablar de una integración en un esquema más amplio e incluso acumulativo, como lo menciona Dávila Newman (2006), a partir del razonamiento deductivo, lo anterior sin tener un orden cronológico específico para el uso de los diversos materiales.

Discusión

194



Un hallazgo importante de esta investigación fue que el enfoque inductivo favoreció que los estudiantes, quienes tenían una sólida formación matemática pero poca exposición previa a la física, lograran construir una comprensión conceptual más profunda de los temas abordados, sobre todo en algunos procesos evidentes de transferencia a otras situaciones. Al partir de sus propias observaciones y experiencias cotidianas, pudieron establecer vínculos significativos entre los conceptos físicos y su aplicación o al menos su presencia en el mundo real.

Esto contrasta con el aprendizaje memorístico y descontextualizado que a menudo caracteriza la enseñanza tradicional de las ciencias experimentales, donde los estudiantes tienden a dominar las ecuaciones y procedimientos sin llegar a una comprensión cabal de los fenómenos subyacentes. El enfoque inductivo implementado en este estudio les permitió a los participantes desarrollar una visión más integrada y significativa en lo que refiere los conceptos físicos. Se mostraron únicamente dos bloques temáticos en este artículo, pero en el resto de los bloques fue similar.

Los resultados de la evaluación realizada al final del curso muestran que los estudiantes lograron un desempeño sobresaliente en la comprensión conceptual de los temas abordados. No solo demostraron dominio de las definiciones y fórmulas, sino que fueron capaces de explicar los conceptos, relacionarlos con situaciones cotidianas y aplicarlos en la resolución de problemas, algunos no necesariamente numéricos, sino de creatividad. Además, los trabajos finales de los estudiantes evidenciaron una capacidad de reflexión y análisis que va más allá de la mera reproducción de información. Esto sugiere que el enfoque inductivo les permitió desarrollar habilidades de pensamiento crítico y de construcción de conocimiento, en lugar de limitarse a la memorización (Ahumada, 2005).

En cuanto al aporte al campo educativo, al integrar el uso de materiales de divulgación científica y actividades experimentales (Cuevas, 2020), este enfoque logra trascender el tradicional énfasis en la resolución de ejercicios repetitivos y la memorización de fórmulas. Además, el hecho de que esta experiencia se haya llevado a cabo en el contexto de la formación de profesores de matemáticas abre la puerta a la implementación de estas estrategias en diversos niveles educativos, desde la educación básica hasta la superior. Esto tiene el potencial de mejorar la enseñanza y el aprendizaje de la física, al tiempo que contribuye a la alfabetización científica de los estudiantes.

Los hallazgos, hasta este punto, abren una posibilidad más de que la implementación de estrategias didácticas inductivas, combinadas y apoyadas en recursos de divulgación y experimentales, puede ser una valiosa herramienta para promover una comprensión conceptual más profunda y significativa de las ciencias experimentales. Este enfoque, con potencial de replicabilidad, representa un aporte relevante al campo de la educación en ciencias y matemáticas, con implicaciones positivas para la formación de futuros docentes y el aprendizaje de los estudiantes.

195



Bibliografía

- ABRAMS, Jeffrey (director)
 2019 *Star Wars: The Rise of Skywalker* [Película]. Lucasfilm; Walt Disney Studios Motion Pictures.
- AHUMADA, Pedro
 2005 *Hacia una evaluación auténtica del aprendizaje*. Buenos Aires: Paidós.
- ALMEREYDA, Michael (director)
 2020 *Tesla* [Película]. Passage Pictures; Wonderfilm Media; Minds Eye Entertainment.
- ÁLVAREZ, Juan & ALONSO, Isabel
 2018 Método didáctico para reforzar el razonamiento inductivo-deductivo en la resolución de problemas matemáticos de demostración. *Revista Electrónica Formación y Calidad Educativa*, 6(2), 17-22. <https://bit.ly/3DqJe9T>
- ANDRADE, Fabrizzio, ALEJO, Oscar & ARMENDÁRIZ, Christian
 2018 Método inductivo y su refutación deductista. *Revista Conrado*, 14(63), 117-122. <https://bit.ly/49R7Gxh>
- BOWIE, Ben (productor)
 2016 *Genius by Stephen Hawking* [Serie de televisión]. Bigger Bang Productions; PBS.
- BROOKS, Michael
 2011 *Grandes cuestiones física*. México DF: Ariel.
- CAMERON, James (director)
 1984 *The Terminator* [Película]. Orion Pictures.
- CASALLO, Víctor
 2024 Fenomenología de la narración audiovisual para la formación ética empleando el “anime”. *Sophia, Colección de Filosofía de la Educación*, (37), 161-187. <https://doi.org/10.17163/soph.n37.2024.05>



- CUARÓN, Alfonso (director)
 2013 *Gravity* [Película]. Esperanto Filmoj; Heyday Films; Ratpac-Dune Entertainment.
- CUEVAS, Julio
 2020 Imaginarios sociales sobre uso de tecnología y relaciones interpersonales en jóvenes universitarios a través del cine de ficción como recurso didáctico. *Sophia, Colección de Filosofía de la Educación*, (28), 165-183. <https://doi.org/10.17163/soph.n28.2020.06>
- DÁVILA NEWMAN, Gladys
 2006 El razonamiento inductivo y deductivo dentro del proceso investigativo en ciencias experimentales y sociales. *Laurus*, 12(extra), 180-205. <https://bit.ly/3DocD4e>
- DÍAZ, Leonardo
 2013 El significado de las rocas: el debate de Kuhn y Taylor sobre la base hermenéutica de la ciencia. *Revista Internacional de Filosofía*, 28, 285-302. <https://doi.org/10.24310/Contrastescontrastes.v18i2.1126>
- DRUYAN, Ann & MACFARLANE, Seth (productores)
 2014 *Cosmos: una odisea del espacio-tiempo* [Serie de televisión]. Fuzzy Door Productions; Cosmos Studios; National Geographic Channel.
- LEWIN, Walter
 2012 *Por amor a la física*. Madrid: Debate.
- LIMA, Raira & GÓMEZ, Pedro
 2024 Analogía entre diferencia de potencial eléctrico y diferencia de potencial gravitacional en la enseñanza de la física. *Sophia, Colección de Filosofía de la Educación*, (37), 103-129. <https://doi.org/10.17163/soph.n37.2024.03>
- MONROY, Sonia
 2004 Del fraude, el método inductivo y los artículos científicos: una réplica a Peter Medawar. *Revista Colombiana de Filosofía de la Ciencia*, 3(10-11), 41-48. <https://bit.ly/4060Al6>
- MORALES, Carlos
 2008 *Los métodos de demostración en matemática* (Tesis de maestría). Universidad de San Carlos. <https://bit.ly/4gMukJ9>
- MORENO, Luz & CORRAL, Gustavo
 2019 Metodologías inductivas interculturales para una pedagogía decolonial. *Sinéctica*, 52, 1-20. [https://doi.org/10.31391/S2007-7033\(2019\)0052-003](https://doi.org/10.31391/S2007-7033(2019)0052-003)
- MUSCHIETTI, Andy (director)
 2023 *The Flash* [Película]. Warner Bros. Pictures.
- PALMETT, Aurora
 2020 Métodos inductivos, deductivo y teoría de la pedagogía crítica. *Petroglifos Revista Crítica Transdisciplinar*, 3(1), 36-42. <https://bit.ly/4g4kO46>
- REED, Peyton (director)
 2015 *Antman* [Película]. Burbank, CA: Marvel Studios.
- REPETTO Maxim
 2024 El método inductivo intercultural en Roraima, Brasil, y los interaprendizajes junto a María Bertely Busquets. *Relaciones: Estudios de Historia y Sociedad*, 45(179), 97-117. <https://doi.org/10.24901/rehs.v45i179.1065>
- RIVERA, Linda, CASTELLANOS, Arjuna & GÓMEZ, Carlos
 2024 Rigor y objetividad como fundamentos de la racionalidad de la física en Evandro Agazzi. *Sophia, Colección de Filosofía de la Educación*, (37), 45-77. <https://doi.org/10.17163/soph.n37.2024.01>

RODRÍGUEZ, Andrés & PÉREZ, Alipio
2017 Métodos científicos de indagación y de construcción del conocimiento. *Revista EAN*, (82), 1-26. <https://bit.ly/404wOgz>
RUSSO, Anthony & RUSSO, Joe (directores)
2016 *Capitán América: guerra civil* [Película]. Burbank, CA: Marvel Studios.
2019 *Avengers: Endgame* [Película]. Burbank, CA: Marvel Studios.
VARGAS, Raului
2018 *Introducción a la divulgación científica*. México DF: Fontamara.
WINGARD, Adam (director)
2024 *Godzilla x Kong: The New Empire* [Película]. Warner Bros. Pictures.
ZEMECKIS, Robert (director)
1985 *Back to the Future* [Película]. Universal Pictures.

Declaración de Autoría - Taxonomía CRediT	
Autor	Contribuciones
Julio Cuevas Romo	Al tratarse de autoría única, la contribución total corresponde al mismo autor. El contenido presentado en el artículo es de exclusiva responsabilidad del autor

Declaración de Uso de Inteligencia Artificial
Julio Cuevas Romo, DECLARA que la elaboración del artículo <i>Construcción conceptual en física a través de métodos didácticos inductivos</i>, contó con el apoyo de Inteligencia Artificial (IA) en las páginas 14, 17, 18 para transcribir las evidencias que inicialmente se encontraban escaneadas En la página 22 la IA fue utilizada como apoyo para la corrección de estilo en las referencias bibliográficas de acuerdo con el formato solicitado por la Revista.

Fecha de recepción: 16 de julio de 2024
Fecha de revisión: 20 de septiembre de 2024
Fecha de aprobación: 20 de noviembre de 2024
Fecha de publicación: 15 de enero de 2025