

Concepciones Docentes sobre la Teoría de la Gravedad

Jorge Mario Torres Jaramillo¹

jorgemario3@gmail.com

<https://orcid.org/0009-0009-6641-2239>

Universidad de Tijuana CUT, México

Colombia

RESUMEN

Las concepciones son vistas como un conjunto de creencias, ideas, conceptos, preconceptos y percepciones que una persona o un colectivo utilizan para interpretar sus realidades, comportamientos, valores de juicio, y abordar situaciones y acciones. Se analizó las concepciones sobre la teoría de la gravedad en un grupo de docentes con formación en ingeniería, licenciatura en ciencias naturales y profesionales en ciencias exactas que enseñan física en la educación secundaria y media. Se aplicó el modelo alostérico de André Giordan para recurrir a diversos métodos como la formulación de situaciones suficientemente significativas en un análisis de opinión, un test de conocimientos, seguido de cortas entrevistas con algunos participantes para explicitar sus respuestas y dibujos, además de un test de silogismos categóricos. Se encontró que los docentes confían demasiado en creencias e ideas preexistentes en lugar de considerar adecuadamente el contenido y la estructura teórica de un argumento. Los docentes aceptan conclusiones que se alinean con sus creencias, incluso si esas conclusiones son débiles o inválidas, y rechazan las conclusiones que contradicen sus creencias, incluso si estas son fuertes y lógicamente aceptables.

Palabras clave: concepciones; gravedad

¹ Autor principal

Correspondencia: jorgemario3@gmail.com

Teacher Conceptions on the Theory of Gravity

ABSTRACT

Conceptions are seen as a set of beliefs, ideas, concepts, preconceptions, and perceptions that an individual or a group uses to interpret their realities, behaviors, value judgments, and to address situations and actions. Conceptions about the theory of gravity were analyzed in a group of teachers with backgrounds in engineering, natural sciences, and professionals in exact sciences who teach physics in secondary and high school education. André Giordan's allosteric model was applied to employ various methods such as formulating sufficiently meaningful situations in an opinion analysis, a knowledge test, followed by brief interviews with some participants to clarify their responses and drawings, in addition to a test of categorical syllogisms. It was found that teachers rely too much on preexisting beliefs and ideas instead of adequately considering the content and theoretical structure of an argument. Teachers accept conclusions that align with their beliefs, even if those conclusions are weak or invalid, and reject conclusions that contradict their beliefs, even if they are strong and logically acceptable.

Keywords: conceptions; gravity

Artículo recibido 15 octubre 2023

Aceptado para publicación: 20 noviembre 2023

INTRODUCCIÓN

La educación sigue siendo una cuestión de hábito o empirismo. Sin embargo, tan pronto como se profundiza en las prácticas educativas, se puede identificar una serie de axiomas más o menos implícitos que subyacen tanto en el discurso como en la práctica. Estas premisas básicas son excesivamente diversas, lo que dificulta su categorización y se convierten en obstáculos al momento de adquirir un nuevo conocimiento.

Desde el punto de vista docente, las concepciones pueden afectar el modo en que se transmite el conocimiento a los estudiantes, y el análisis de ellas con relación a las teorías científicas pueden ser útiles para el reconocimiento del profesor sobre cómo afectan sus creencias las prácticas que utilizan en el aula, así como las técnicas de enseñanza y las estrategias de motivación. Las concepciones, como parte crucial de los procesos de enseñanza-aprendizaje, sirven como instrumento para que los docentes integren conocimientos a las estructuras conceptuales con el fin de vincularlos a los procesos educativos.

Por tanto, la manera cómo el docente adquiere los contenidos y conceptos referentes a un área del conocimiento, así como la comprensión de estos, son aspectos para considerar en los procesos de investigación educativa. Es importante agregar que, la búsqueda del “conocimiento base” de los profesionales de la educación contribuye al correcto desarrollo profesional y de esta manera poder explicar cómo ellos conciben el conocimiento que luego es utilizado en la enseñanza científica.

Las investigaciones sobre concepciones, y específicamente aquellas relacionadas con la teoría de la gravedad, indican que los docentes atañen conceptos con fenómenos de la vida cotidiana para los cuales intuitivamente forman algún tipo de explicación o predicción, luego usan los currículos, el contexto y la concepción implícita o explícita que cada uno tiene para orientar un proceso de enseñanza. Hay una distancia que separa al enseñante, que transmite un saber a partir de su propia lógica, y los aprendices que interpretan, a partir de su propio sistema de referencia, los discursos del docente o las actividades que este propone. De ahí que el proceso de enseñanza relacionado con la teoría de la gravedad no puede ignorar, ni siquiera eludir, las concepciones personales del docente; hay que conocerlas, reconocerlas y tomarlas en cuenta, a fin de interiorizar con ellas.

Lo anterior obliga a plantear cuestionamientos acerca de la difusión y adquisición del saber científico a nivel de educación media, siendo los docentes partícipes de esfuerzos renovadores y que aún presentan desfases en la transmisión de ese saber. Surge entonces la pregunta: ¿Cuáles son las concepciones de los docentes de educación media sobre la teoría de la gravedad y cómo se diferencian estas concepciones en función del área que imparten? ya que la mayor parte del saber científico que se enseña durante la escolaridad, se olvida al cabo de pocos años, incluso pocas semanas después de ser adquirido; no se tiene en cuenta las concepciones subyacentes del docente quien utiliza información a menudo coherente, lógica o seleccionada por “alguien que sabe” pero incomprendible para el que aprende, bien porque no le importa, o bien porque no posee ni el marco de referencia, ni la red semántica necesarios para decodificar la información.

Se abre entonces la posibilidad de mitigar las dificultades sobre la enseñanza del saber científico estudiando las concepciones sobre la teoría de la gravedad de los docentes de educación media y que se han construido a lo largo de la formación profesional, en el contacto con la enseñanza y sobre todo a través de las experiencias de la vida cotidiana, las estructuras conceptuales en la que se insertan, la organización de conocimientos de los que se apropia y las operaciones mentales que dominan.

Todo este marco cognitivo subyacente es a menudo desconocido, al tener poca relación con los conocimientos adquiridos en las disciplinas científicas y que el docente ha asimilado a lo largo de su formación. Además, los profesores no sienten interés en conocer este marco; para ellos el problema ni siquiera está planteado, pues su atención se centra en un saber específico, que se creen en la obligación de enseñar de forma directa. Si se quiere alcanzar un mínimo de eficacia en el conjunto de soportes de la transmisión del conocimiento, el primer trabajo debe consistir, necesariamente, en conocer esas estructuras de recepción, es decir, las concepciones personales, tal y como emergen en las situaciones educativas y no tal como se han pretendido edificar.

Las concepciones como estructuras del saber

La concepción es una estructura de conocimiento que se activa en una amplia variedad de contextos, y que está relacionada o no con el conocimiento científico aceptado dentro de una comunidad. Las concepciones deben definirse de forma amplia para incluir todo tipo de “conceptos” durante los procesos de enseñanza - aprendizaje. Wandersee, J., Mintzes, J., & Novak, J. (1994) definieron una

concepción como explicaciones basadas en la experiencia construida para hacer intelegibles una serie de fenómenos y objetos naturales. Por su parte, Thompson (1992) definió las concepciones como una "estructura mental más general, que abarca las creencias, los significados, los conceptos, las proposiciones, las reglas, las imágenes mentales, las preferencias y otros aspectos similares"(p.130); en otras palabras, la definición de Thompson incluye las creencias como un subconjunto de las concepciones.

Philipp (2007) explica que las creencias pueden verse como lentes que afectan a la visión que uno tiene de algún aspecto del mundo y Brown (2003) utiliza el término concepciones para ofrecer una comprensión similar. Definió las concepciones como un marco organizativo por el que un individuo entiende, responde e interactúa con un fenómeno. La comprensión de Brown del término concepciones parece similar a la comprensión de Philipp del término creencias, aunque Philipp (2007) argumenta que los dos términos no se han utilizado de manera uniforme en la literatura educativa.

La comprensión de Brown (2003) del término concepciones ve las creencias y las concepciones de una manera bastante armoniosa y no conflictiva. Dicha comprensión está en consonancia con las sugerencias ofrecidas por Barnes, Fives, & Dacey (2015) quienes afirmaron que el término creencias se ha utilizado ampliamente en estudios anteriores lo que implica la epistemología sobre la enseñanza de contenidos.

Jenniz (2010) estableció que las concepciones no son únicamente un resultado, se corresponden con un proceso que ocurre en un contexto y dependen de un sistema subyacente que hace parte de un marco de referencia.

Además, las concepciones son estructuras que no están teorizadas conscientemente por quienes participan de un proceso de enseñanza-aprendizaje, tampoco son parte de los aprendizajes académicos que con el tiempo se han convertido en creencias; las concepciones son interpretaciones acerca de qué teorías dan razones de lo que se creemos y de lo que hacemos, aunque lo creamos y lo hagamos sin saberlo (Polanyi, 1967). Giordan & de Vecchi (1995) definieron las concepciones como una estructura subyacente que no son solo un producto o una producción, son un proceso que se desprende de una actividad elaboradora. Lo importante de este proceso es la información que se puede inferir sobre el funcionamiento mental del que aprende. Las concepciones según Giordan & de Vecchi (1995), se

actualizan siempre por las situaciones vividas, por los cuestionamientos planteados y su objetivo es movilizar el saber para adaptarlo a las experiencias.

Cabe destacar que las concepciones, como un proceso personal, permiten que el individuo estructure el saber a medida que integra los conocimientos. Este saber, según Giordan & de Vecchi (1995), es elaborado en la mayoría de los casos durante un periodo amplio de la vida, a partir de la acción cultural parental, de la práctica social, de la influencia de los diversos mecanismos de comunicación y de la actividad profesional.

Así pues, la definición de concepción propuesta por Giordan, A., & de Vecchi, G. (1995) considera las concepciones como estructuras mentales que incluyen las creencias y los supuestos básicos de una persona, algunos de los cuales son tácitos. Las concepciones son un esquema de conceptos desarrollado a partir de estudios teóricos, de la práctica y de las interacciones con el mundo y la sociedad. Se asume que una concepción es una entidad dinámica que puede sufrir cambios basados en la práctica y/o en la exposición a otras fuentes de conocimiento. Dichos cambios pueden verse reforzados por un proceso de reflexión, que ayuda a construir y reconstruir el conocimiento profesional.

Considerar las concepciones como una estructura mental que incluye también las creencias y los supuestos básicos de la persona, algunos de los cuales son tácitos, es un esquema muy acertado debido a que parte de conceptos desarrollados a partir de estudios teóricos, de la práctica y de las interacciones con el mundo y la sociedad. Asumir una concepción como una entidad dinámica que puede sufrir cambios basados en la práctica y/o en la exposición a otras fuentes de conocimiento permite potenciar un proceso de reflexión que ayuda a construir y reconstruir el conocimiento profesional.

Otro aspecto que determina las concepciones son las experiencias pasadas vividas como estudiantes, sucediendo que, en muchos casos, los docentes reproducen aquello que han vivido en el pasado (Nina & Murillo, 2017). Las concepciones no siempre se traducen en una práctica concreta; esto supone que es importante conocer las ideas implícitas del profesorado ya que determinan varios aspectos de la práctica profesional, lo que es fundamental conocer si se quiere mejorar los procesos de enseñanza.

Uno de los grandes desafíos al que se enfrenta la enseñanza de las ciencias es la existencia en los docentes de fuertes concepciones alternativas a los conceptos científicos establecidos que resultan muy difíciles de modificar y, en algunos casos, sobreviven a lo largo de los años de instrucción escolar y

científica (Gutiérrez E. A., 2018). Hidalgo & Murillo (2017) comentaron que las concepciones docentes se encuentran en dos polos: un polo pedagógico y un polo social. Los docentes que se encuentran en el extremo de la concepción pedagógica consideran que esta regula y ayuda al aprendizaje del alumnado mientras que los docentes situados en el polo social defienden que la práctica evaluativa es un instrumento de acreditación social que sirve para clasificar y calificar a los estudiantes, no para aportarles información sobre cómo mejorar su aprendizaje.

En esa visión dual de concepción no se cuestiona si las prácticas académicas son compatibles con la forma de pensar del docente o las contradice. Suponiendo que no exista una correspondencia unívoca entre ambas, es poco probable que los cambios en la práctica se deriven inmediatamente de un cambio conceptual y eso se debe a que las concepciones pueden nutrirse de diferentes fuentes, pueden reflejar y transmitir diferentes epistemologías, de hecho, una práctica académica similar puede estar incrustada en concepciones diferentes y viceversa.

En este sentido, la concepción y la práctica pueden verse como dos dimensiones separadas, cada una de las cuales puede conducir a un cambio conceptual. No obstante, el cambio puede producirse a través de un mecanismo de retroalimentación controlado por la reflexión. Se puede esperar entonces que la concepción influya en la práctica y viceversa sólo si esta va acompañada de un análisis reflexivo de las relaciones entre la concepción y la acción.

Todas las concepciones son potencialmente modificables, y su reestructuración suele estar catalizada por la exposición de incoherencias. Tomar conciencia y confrontar las concepciones es una condición esencial para alcanzar procesos óptimos de enseñanza de las ciencias y la reflexión puede proporcionar los medios para revelar y explicar estas mismas incoherencias. Además, asumir que el desarrollo personal del docente depende de la posibilidad de verbalizar y reflexionar sobre las creencias personales puede ser visto como un proceso que vincula las dimensiones de la concepción y la práctica, revelando epistemologías conscientes e inconscientes y conduciendo así a la clarificación y posible cambio de ambas.

Adegboye Motunrayo , C., Bello, G., & Abimbola, I. (2017) establecieron que los docentes tienen una mezcla de conceptos erróneos y concepciones sobre la naturaleza de la biología y mencionan que el género, las calificaciones y los años de experiencia de los profesores no influyen en la cantidad de

conceptos erróneos y concepciones que tienen en sus estructuras cognitivas. Esto es un ejemplo de que las concepciones “inadecuadas” son posiblemente una indicación de que los docentes solo pueden enseñar lo que ya saben, por lo tanto, el rendimiento de los estudiantes no puede superar la calidad de sus maestros. Si bien las concepciones de algunos profesores tienen sus raíces en su experiencia en el aula como estudiantes, otras extienden su experiencia de aprendizaje más allá de los límites de las escuelas a su experiencia personal de aprendizaje en diversos contextos (Cheung, 2019).

Lo anterior indica que la interrelación entre la concepción y la práctica académica parece ser compleja y exige un análisis y apoyo adicionales. Creer que un entorno de enseñanza está basado en un clima de aprendizaje no crítico y facilitador proporciona a los docentes revelar sus experiencias y sus dificultades con mayor fluidez, pero ¿los cambios que se buscan en un sistema educativo se introducen a través de un cambio en las concepciones que conducen a una práctica diferente? O ¿la adopción de una nueva práctica conduce a un cambio en las concepciones que, a su vez, alimentan una práctica aún diferente? O ¿el cambio educativo está impulsado por la práctica o por la concepción?

Estos cuestionamientos llevan pensar en nuevas prácticas en la escuela, seguidas de procesos de reflexión y conceptualización que pueden ser un camino factible para introducir nuevas concepciones en los procesos de enseñanza de las ciencias naturales. Alabdulkareem (2016) admitió que las prácticas docentes están profundamente influenciadas por la forma en que aprendieron ciencias y sostuvo que sus prácticas en el aula son avanzadas porque la educación ha experimentado enormes cambios en las últimas décadas. Sin embargo, es evidente por sus observaciones en el aula, que los docentes enseñan exactamente de la manera en que se les enseñó en sus procesos de formación.

Lo anterior permite reconocer que las experiencias tradicionales de enseñanza de las ciencias que tuvieron los profesores cuando eran estudiantes influyen mucho en la formación de su comprensión de la ciencia y de la enseñanza de la misma es por esa razón que los docentes, como figura líder y mediadora en el aula, guían, informan y forman la clase de acuerdo a sus creencias jugando un papel estratégico en los procesos de enseñanza.

La gravedad una cuestión por comprender

La gravedad ha significado una tendencia de que la mayoría de los cuerpos caen a la tierra. Aristóteles en el 350 a.C en su tratado *De Caelo* intenta dar una descripción cuantitativa del movimiento descendente al decir

que un objeto cae a una velocidad constante poco después de ser liberado, y las cosas más pesadas caen más rápido en proporción a su masa. Según Aristóteles, los cuerpos pesados se mueven según su movimiento natural, es decir, hacia el centro del universo, que coincide con el centro de la tierra. Además, la materia está conformada por la combinación de cuatro elementos y cada elemento se caracteriza por un par de cualidades, es decir, la tierra es fría y seca; el agua es fría y húmeda; el aire es caliente y húmedo y finalmente el fuego es caliente y seco.

En los tratados *De Generatione et Corruptione* y *Physics*, Aristóteles menciona que los objetos tendían a caer hacia el suelo de acuerdo con las mezclas de diferentes elementos que contenían. Una roca, por ejemplo, era principalmente tierra y, por lo tanto, buscaba su propio nivel, el más bajo de los cuatro elementos. Por la misma razón, un fuego ardiente se eleva, buscando las alturas que era el dominio natural del fuego. De esto surge que un objeto cae más rápido o más lento, dependiendo de las mezclas relativas de elementos en él: o, para usar términos más modernos, cuanto más pesado es el objeto, más rápido cae.

Plutarco en su diálogo *De Facie Quae in Orbe Lunae Apparet* de la obra *Moralia* escribió que la luna tiene la misma naturaleza que la tierra, y la gravedad no puede explicarse como el movimiento natural de los cuerpos pesados hacia el centro del universo. La tendencia descendente de los cuerpos que caen demuestra que aquellos cuerpos al ser empujados fuera de la tierra caen de nuevo a ella porque hay cierta afinidad y cohesión con ella. Así como el sol atrae hacia sí las partes de las que está compuesto, también la tierra acepta como propia la piedra que tiene propiamente una tendencia descendente, y en consecuencia toda cosa se une y cohesionada finalmente con ella.

De acuerdo con lo anterior, la gravedad es una propiedad universal de la materia. Pero esta universalidad sólo se refiere a la materia del mismo tipo, es decir, la luna es atraída por la tierra, pero no el sol, que tiene una constitución diferente. Sin embargo, el sol y los demás planetas poseen su gravedad, y esta propiedad implica también que tienen una forma esférica como la tierra. Esta teoría relativista y policéntrica de la gravedad, que representó un paso importante hacia la idea de Newton de la gravitación universal, abandonó la creencia en un centro del mundo y tuvo interesantes implicaciones para la existencia de otros mundos.

La influencia de las ideas de Plutarco trascendió a épocas posteriores, y no es de extrañar que el sistema heliocéntrico propuesto por Copérnico sugiera una alternativa a la física aristotélica. En el *De Revolutionibus*, Copérnico cree que la gravedad no es más que un cierto esfuerzo natural con el que las partes han sido dotadas, para que al unirse en formas de esfera puedan juntarse en su unidad y totalidad; se puede creer que esta tendencia está presente en el sol, la luna y los demás planetas brillantes, de modo que les hace mantener la redondez que muestran.

Rosen (2004) señaló que la teoría de la gravedad de Copérnico postulaba un proceso de cohesión gravitatoria para los cuerpos celestes individuales, no sólo la tierra sino también el sol, la luna y los planetas, cada uno de los cuales mantenía su forma esférica mediante la operación de esta tendencia.

La misma teoría policéntrica de la gravedad, con la idea de que la tierra no está en el centro del universo, fue también apoyada por Gilbert (1651) en su tratado *De mundo-nostro Sublunari Philosophia Nova* donde mencionó que todos los cuerpos celestes puestos en un lugar destinado, están allí formados como esferas, que tienden a sus propios centros y que alrededor de ellos hay una confluencia de todas sus partes. Y si tienen movimiento, ese movimiento será más bien el de cada uno alrededor de su propio centro, como lo es el de la tierra, o un movimiento de avance del centro en una órbita como el de la luna.

En el diálogo *De l'infinito, universo e mondi*, Giordano Bruno (1584) apoyaba la idea del heliocentrismo de Copérnico cuando explicó que un planeta que giraba alrededor del sol, las esferas elementales que lo constituían estaban en continuo movimiento. De esta manera refutaba los axiomas de la filosofía natural aristotélica al considerar que los elementos no tenían “lugares naturales” y una parte elemental, ya fuera desplazado de un todo o arriesgando estar cerca de un todo, buscaba adherirse a él porque un todo era el lugar donde mejor se conservaba. Una vez unidas a un todo, las partes elementales ya no eran pesadas ni ligeras y giraban con él de forma natural, es decir, sin resistencia. Esta doctrina de la gravedad se basó en las ideas neoplatónicas del movimiento elemental de Ficino, la doctrina de la gravedad de Copérnico, los comentarios de Lucrecio sobre la ingravidez de las partes en su totalidad y las nociones escolásticas de autoconservación (Knox, 2002).

Donahue (2004) señaló que la explicación de Kepler (1609) sobre la gravedad puede parecer sorprendentemente moderna y es una señal que anticipa la gravitación universal de Newton. Sin

embargo, en el universo de Kepler (1609), la Tierra y la Luna ocupan la misma órbita alrededor del Sol, por lo que son cuerpos afines y se atraen mutuamente. Su Universo se considera dinámico, por lo que busca reducir las características geométricas, cinemáticas y dinámicas de las órbitas planetarias a una relación causal subyacente más profunda, una forma de “ley física” que ha de introducirse en el ámbito de la astronomía, superando la antigua e inadecuada tradición astronómica.

Las ideas sobre la gravedad de Galileo (1638) en su obra *Discorsi e dimostrazioni matematiche intorno a due nuove scienze* giran en torno a que todas las partes de la tierra cooperan mutuamente para formar su conjunto, de lo que se deduce que tienen igual tendencia a juntarse para unirse de la mejor manera posible y adaptarse adoptando una forma esférica. Galileo (1638) experimentó que un cuerpo que caía adquiría velocidad a un ritmo constante, es decir, tenía una aceleración constante. También hizo la observación crucial de que, si se puede despreciar la resistencia del aire y la flotabilidad, todos los cuerpos caen con la misma aceleración, los cuerpos de diferente peso que se dejan caer juntos llegan al suelo al mismo tiempo. Se trata de una idea revolucionaria, al igual que su afirmación de que debía comprobarse mediante experimentos y no mediante el método tradicional de tratar de descifrar lo que las autoridades antiguas podrían haber querido decir.

En *De Motu Antiquiora*, Galileo (1590) observó que si una bola rueda sin interferencias sobre una superficie horizontal lisa, y se puede despreciar la fricción y la resistencia del aire, se moverá con velocidad constante en una dirección fija, en el lenguaje moderno, su velocidad permanece constante. Galileo (1612) utilizando un modelo de Arquímedes relacionado con los cuerpos flotantes y luego usando el equilibrio, argumenta que solo hay un principio de movimiento, el pesado (*gravitas*) y que la ligereza (o *levitas*) se explica porque los cuerpos pesados se mueven para desplazar o extruir otros trozos de materia en una dirección tal. Entonces, en su opinión, la pesadez (o la gravedad) es la causa de todo movimiento terrestre “*natural*”.

Isaac Newton unificó las leyes del movimiento planetario de Kepler (1609) con la teoría de la caída de cuerpos de Galileo y publicó sus leyes del movimiento y la gravitación universal en *The Mathematical Principles of Natural Philosophy*. Según Newton (1687) la causa de la gravedad es la masa y cualquier cuerpo con masa atrae a todos los demás cuerpos con masa. Newton no tuvo ningún problema con la forma puramente mecánica en la que la gravedad explicaba el movimiento continuo de los planetas.

En el *De gravitatione et æquipondio fluidorum* Newton indica que si el fluido material de Descartes (1664) fuera lo suficientemente denso como para empujar a los planetas, produciría la suficiente resistencia como para hacer que los planetas se desvíen de las trayectorias elípticas idealizadas de Kepler (1609), al igual que lo hacen los proyectiles terrestres; de hecho, acabaría por detener a los planetas. Sin embargo, los planetas no se desvían de esas trayectorias y no se detienen, por lo que ese medio denso no debe existir. Si, por el contrario, el fluido material fuera demasiado raro para producir desviaciones de las trayectorias elípticas, no sería capaz de empujar a los planetas. De esta manera, la existencia de un médium con suficiente resistencia para empujar a los planetas se contradice con las observaciones; y un medio lo suficientemente raro como para ajustarse a las observaciones no podría desempeñar la función que Descartes (1664) le asigna.

Sin embargo, Newton no identifica inicialmente la fuerza que produce las órbitas como la gravedad. En el Libro I de los *The Mathematical Principles of Natural Philosophy*, que analiza los movimientos resultantes de una variedad de fuerzas, se refiere a la gravedad como un ejemplo de fuerza centrípeta; pero hasta ese momento, la gravedad es sólo aquella fuerza "por la que los cuerpos tienden hacia el centro de la tierra". La fuerza que mantiene a los planetas en sus órbitas es simplemente una "fuerza centrípeta".

En el Libro III, Newton deduce, a partir de los fenómenos observados, su ley de la gravitación universal: la fuerza de gravedad entre dos cuerpos cualesquiera es proporcional al producto de sus masas, dividido por el cuadrado de la distancia que los separa. Y no es hasta el Libro III cuando identifica que la fuerza centrípeta es inversa al cuadrado que mantiene a los planetas en sus órbitas como la gravedad, esa misma fuerza es la que rige los fenómenos de los proyectiles en la Tierra.

La afirmación de que la fuerza gravitatoria es proporcional a la cantidad de materia o masa se aparta claramente de la tradición cartesiana. Si la gravedad operara por acción de contacto, como sostenían los cartesianos, su intensidad sería proporcional a la superficie, más que a la cantidad de materia, compuesta de las partes de un cuerpo.

La gravedad es proporcional a la cantidad de materia y no a la superficie, y disminuye con la distancia en una relación inversa al cuadrado. Todo esto sugiere la posibilidad de que los cuerpos materiales se afecten mutuamente de forma causal a través del espacio vacío. Así pues, la gravedad es universal pero no es inherente o esencial a la materia, y Newton se mantiene coherente en esta posición a lo largo del tiempo.

Newton (1687) expuso una razón diferente para negar que la gravedad sea inherente a la materia. La gravedad varía con la distancia, mientras que las propiedades que Newton clasifica como inherentes y esenciales son inmutables. Así, Newton parece aceptar la clasificación escolástica de las propiedades esenciales como aquellas que no pueden ser "pretendidas y remitidas", es decir, aumentadas o disminuidas. Según la clasificación que establece Newton, la gravedad se diferencia de las propiedades inherentes y esenciales, como la movilidad, la impenetrabilidad y la dureza, en que estas últimas cualidades son inmutables, mientras que la gravedad no lo es.

En *The Mathematical Principles of Natural Philosophy*, Newton (1687) concibe la gravedad como una fuerza relacional, y puesto que la gravedad es universal para la materia, esta fuerza es una relación enormemente compleja, que se mantiene entre toda la materia existente. Puesto que la acción de la fuerza centrípeta sobre un cuerpo atraído es, a igual distancia, proporcional a la materia de este cuerpo, es lógico que sea también proporcional a la materia del cuerpo que atrae. Porque la acción es mutua, y hace que los cuerpos se acerquen por una tendencia mutua, y por lo tanto debe ser conforme a sí misma en cada cuerpo.

Mientras que los aristotélicos concebían la gravedad como una propiedad esencial de un solo cuerpo, concretamente la tendencia natural de los cuerpos terrestres a buscar el centro del universo, Newton (1687) afirma que la gravedad existiría si el universo contuviera un solo cuerpo agregado, ya que, por el principio de gravitación universal, las partículas componentes del cuerpo se atraerían entre sí. Sin embargo, no habría gravedad si el universo contuviera una sola partícula. Sin al menos dos objetos en acción, no puede haber relación, por lo que sin al menos dos partículas en el universo no puede haber fuerza gravitatoria.

La expresión de Newton (1687) para la fuerza gravitatoria entre dos objetos depende de las masas y de la distancia que separa los cuerpos, pero no menciona el tiempo en absoluto. Según esta visión del mundo, si una masa se mueve, la otra percibe el cambio (como una disminución o un aumento de la fuerza gravitatoria) instantáneamente. Si es exactamente así, se trataría de un efecto físico que viaja más rápido que la luz (de hecho, a velocidad infinita), y sería incompatible con la teoría especial de la relatividad.

Einstein (1916) propuso una teoría de la gravedad que realmente explica la gravedad en lugar de limitarse a describir sus efectos. Einstein demostró matemáticamente que la gravedad no es realmente una fuerza de atracción entre todos los objetos con masa, como pensaba Newton (1687). En cambio, Einstein demostró que la gravedad es el resultado de la deformación, o curvatura, del espacio y el tiempo que conforman el mismo "tejido" espacio-temporal. Según Einstein, los objetos se mueven unos hacia otros debido a las curvas del espacio-tiempo, no porque tiren unos de otros con una fuerza de atracción. Desde el punto de vista de Einstein, la gravedad está lejos de ser una fuerza estática e inmutable: es una parte fundamental de la estructura del universo, que se curva, se retuerce y ondula a medida que los objetos se mueven, giran y se empujan.

Einstein (1916) tuvo, según sus propias palabras, "la idea más feliz de su vida". Esta idea, que más tarde llamó principio de equivalencia, era simplemente que para un observador en caída libre todo sucede como si no hubiera gravedad. Para entender lo que quería decir Einstein hay que recordar que la aceleración gravitatoria es la misma para todos los cuerpos, independientemente de su masa. Esto quedó ilustrado por el legendario experimento de Galileo (1638) de dejar caer bolas de distinto peso desde la torre inclinada de Pisa y observar cómo llegan al suelo simultáneamente. Si Galileo hubiera saltado junto con las bolas, las habría visto flotar a su alrededor y podría imaginar momentáneamente que se encontraba en un entorno sin gravedad.

El universo de Einstein realiza una danza cósmica constante, en la que la materia y el espacio-tiempo interactúan: una determinada configuración de la materia distorsiona la geometría del espacio-tiempo. Esta geometría distorsionada hace que la materia se mueva de ciertas formas. El movimiento cambia la configuración de la materia a medida que las fuentes de gravedad cambian de ubicación. Con la configuración de la materia cambiada, la geometría del espacio-tiempo también cambia. Ahora que la geometría del espacio-tiempo es un poco diferente, también actúa sobre la materia de una manera diferente, la materia se mueve, la geometría cambia, etc. en una danza sin fin.

La gravedad no es un tirón mutuo de objetos masivos, dijo Einstein (1916), sino más bien el resultado de la distorsión de una masa del espacio-tiempo que la rodea. Los objetos orbitan o caen en un cuerpo masivo dependiendo de la fuerza con que se curve el espacio-tiempo a su alrededor. En lugar de responder a alguna fuerza atractiva, las masas simplemente siguen los contornos de la geometría del espacio-tiempo.

En términos generales, la gravedad se asume como cualquier distorsión de la geometría del espacio-tiempo y los procesos físicos que tienen lugar en este, relacionados entre sí y que pueden afectarse el uno al otro. También es importante considerar que lo que percibimos como gravedad es solo una consecuencia del movimiento a través del tejido espacio-tiempo. Cuanto mayor es la curvatura del espacio-tiempo, más fuerte es la gravedad.

METODOLOGÍA

Para evidenciar las concepciones de los docentes participantes se siguió la metodología del modelo alostérico de André Giordan (1993). La aplicación del modelo alostérico recurre a diversos métodos como la construcción de situaciones suficientemente significativas en un análisis de opinión y una prueba de conocimientos, seguido de cortas entrevistas con los participantes para explicitar sus respuestas y dibujos y finalmente una prueba de silogismos.

El modelo alostérico propone elementos de comprensión para esquematizar una concepción con la forma siguiente:

Concepción = f(P. C. O. R. S.)

P = Problema: Conjunto de las cuestiones más o menos explícitas que inducen o provocan la puesta en marcha de la concepción.

R = Red semántica: Organización, colocación a partir del marco de referencia y de las operaciones mentales. Permite dar una coherencia semántica al conjunto y de ahí resulta el sentido de la concepción.

C = Marco de referencia: Conjunto de los conocimientos periféricos activados por el alumno para formular su concepción (son las otras representaciones sobre las cuales el alumno se apoya para producir sus concepciones).

O = Operaciones mentales: Conjunto de las operaciones intelectuales o transformaciones que el alumno domina y que le permiten poner en relación los elementos del marco de referencia.

S= Significantes: Conjunto de los signos, gestos, huellas y símbolos necesarios para la producción de la concepción.

La recogida y tratamiento de la información tuvo como objetivo evidenciar cierto número de indicadores que ayudaron a inferir las dificultades de los participantes, considerando que los obstáculos en ciencias no pueden ser definidos directamente a partir de situaciones sencillas, sino que es indispensable confrontar cierto número de datos cuyo origen sea diverso. Son estos contrastes de

información los que permitieron inventariar y caracterizar las concepciones en los docentes.

Prueba de Opinión

Para la elaboración de la prueba de opinión, se tomó como referencia la evolución del concepto de gravedad a través de la historia con el objetivo de unir los conocimientos de los participantes con su práctica académica. Para hacer emerger las concepciones, las cuestiones planteadas en la prueba se situaron en un plano general para llevar al docente a dar opiniones de contenido descriptivo.

La prueba se diseñó considerando cinco (5) enfoques: gravedad como un lugar natural (GCLN), gravedad como una causa externa (GCCE), gravedad como una interacción de fuerzas a distancia (GCFD), gravedad como un efecto de un campo gravitatorio (GCCG), gravedad como una deformación del espacio – tiempo (GCDET). Estos enfoques permitieron comprender cómo los participantes organizan su marco de referencia, además ayudó al análisis del conocimiento previo como un obstáculo para la "asimilación" de nueva información y más generalmente para indagar la forma en que los docentes comunican, proponen ideas y transmiten nueva información a sus pares, amigos y estudiantes.

Prueba de conocimientos

Se solicitó a los docentes presentar una prueba de conocimientos sobre el concepto de gravedad para luego contrastar los resultados con la prueba de opinión. Se eligieron los enfoques GCFD y GCDET para el test porque fueron los más representativos de acuerdo con el análisis de opinión realizada a los docentes participantes y que permitió establecer un primer acercamiento a las concepciones que ellos tienen sobre gravedad.

El puntaje para la valoración de la prueba se calculó haciendo un promedio ponderado de los puntajes obtenidos sin decimales, dando un valor de uno (1) a las preguntas correctas del enfoque GCFD y de tres (3) para las preguntas correctas correspondientes al enfoque GCDET. Se estableció un índice global (IG) de acuerdo con la siguiente fórmula:

$$IG = \frac{[1 \times (GCFD)] + [3 \times (GCDET)]}{4}$$

Este índice se utilizó para calcular el puntaje global (PG) de cada participante multiplicando el Índice Global (IG) por veinte (20) y aproximando el resultado al entero más cercano, aplicando la fórmula:

$$PG = IG \times 20$$

El puntaje global se produjo en una escala de cero (0) a ciento sesenta (160) sin decimales.

Entrevista

Se diseñó un protocolo de entrevista semiestructurada para ser complementario a las pruebas de opinión y conocimiento con el objetivo de explorar las operaciones mentales y los significantes que utilizan los participantes al referirse a la gravedad.

Las entrevistas se centraron únicamente en una relación verbal entre el investigador y el docente adaptándose a cada participante, y adoptando, en la medida de lo posible, los conceptos sobre gravedad de los docentes para que pudieran expresar más ideas. La entrevista al ser verbal no se consideró como un control para permitir un intercambio más libre de ideas, que fuera menos limitador y más adaptado al pensamiento del docente. Se plantearon situaciones concretas relacionadas la teoría de la gravedad tratando de no llevar al participante a recordar las respuestas de las pruebas de opinión y conocimiento y así poder obtener respuestas nuevas.

Silogismos categóricos

Para analizar la capacidad de razonamiento de los docentes participantes se realizó una prueba de silogismos categóricos relacionando premisas y llegando a conclusiones a partir de la interpretación de las mismas. La prueba contó con diez silogismos de exactamente tres proposiciones categóricas (dos premisas y una conclusión) relacionados con los enfoques teóricos sobre la teoría de la gravedad.

Los silogismos se construyeron de acuerdo con la disposición de los términos en las proposiciones, es decir, el término medio ocurre en ambas premisas, pero no en la conclusión y la combinación de la cantidad y cualidad de cada premisa.

La prueba de silogismos se realizó mediante la modalidad de selección múltiple brindando una calificación objetiva asociada con los ítems de prueba. Se asignó un cero (0) a las respuestas incorrectas y uno (1) a las respuestas correctas. Los participantes dispusieron de todo el tiempo que necesitaran para terminar el ejercicio.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los resultados mostraron que los enfoques de la gravedad GCFD y GCDET fueron el punto de común acuerdo para los docentes participantes y se tomaron como un primer elemento a considerar para establecer el marco de referencia sobre las concepciones de los docentes con respecto a la teoría de la

gravedad. El hecho de que los docentes se ubiquen en un posicionamiento teórico indica que el conjunto de conocimientos periféricos se activa según la situación que se plantee. El 73% de los evaluados obtuvo un nivel de desempeño bajo con un puntaje global (PG) promedio de 64 y el restante 26,7% se ubicó en un nivel básico y alto.

Los resultados de la prueba de conocimiento permitieron establecer la existencia de una brecha significativa entre las opiniones de los docentes y su conocimiento sobre la teoría de la gravedad, es claro que las opiniones están basadas en creencias que se piensan que son verdaderas, pero no así el conocimiento. El marco de referencia que se exploró a través de las pruebas de opinión y conocimiento mostró entonces que los perfiles sobre la teoría de la gravedad giran en torno a los enfoques GCDF y GCDET.

Los conceptos que relacionan los docentes con la teoría de la gravedad y que fueron relevantes durante las entrevistas realizadas fueron el de la fuerza con un 34,5% y el de aceleración con un 22,8%. Las respuestas muestran que el concepto de gravedad y la fuerza gravitacional se asumen de manera indiferente, es decir, se confunde la aceleración gravitatoria, que es la tasa de cambio de velocidad de un objeto debido a la gravitación, con la fuerza gravitatoria que es la aceleración por unidad de masa de acuerdo con la teoría newtoniana.

Hay significantes que están presentes en la concepción newtoniana de la gravedad de los docentes; el primero es el hecho de mencionar la atracción de objetos y que lo plasman en las representaciones gráficas. El segundo factor son las explicaciones sobre la interacción entre la Tierra y la Luna como la dependencia de una fuerza gravitatoria y la distancia que separa los cuerpos.

Al plantear a los docentes el problema de la caída de los objetos, sus respuestas muestran un enfoque galileano de la gravedad, es decir, la conciben como una causa externa. Los principales significantes que se encuentran en sus respuestas se mantienen invariables, ya que se menciona la aceleración, la fuerza y la masa como los principales conceptos que explican un fenómeno como la caída libre.

La idea de los docentes de que la gravedad no depende de la masa, coincide con el pensamiento galileano en que las propiedades gravitacionales, entre ellas la que se conoce como el principio de equivalencia débil, donde la gravedad acelera todos los cuerpos al mismo ritmo, es independientemente de su composición material.

Los resultados presentados proporcionan entonces la capacidad de cuestionamiento que tienen los docentes, así como el razonamiento e interpretación frente a situaciones puntuales, las diferentes opiniones, capacidad de expresión y la forma de elaborar significado con respecto al concepto de gravedad. Todos estos factores están estrechamente relacionados entre sí y con la idea de que el conocimiento es el producto de un simple proceso de transferencia.

Se identifica en los docentes algunos obstáculos sobre la concepción de la teoría de la gravedad como lo es el pasar por alto los fundamentos teóricos necesarios, la motivación para modificar las creencias, la disposición para hacer preguntas porque dan por sentado que ya poseen los conocimientos necesarios y las habilidades cognitivas que les impide acceder a nuevos conocimientos. Teniendo en cuenta estos obstáculos, la estructura de los saberes puede verse alterada al interpretarlos.

El proceso de análisis de información mostró que los docentes desarrollan un conjunto de ideas y creencias de carácter intuitivo sobre diferentes fenómenos naturales. A medida que se va dando el proceso de enseñanza, los docentes aprenden más sobre el entorno físico y tienden a interpretar todo tipo de información nueva desde la perspectiva de estas ideas y las creencias existentes. Se enseña con base a una opinión y no al conocimiento, es por eso que las concepciones de los docentes sobre la teoría de la gravedad pueden ser significativamente diferentes desde puntos de vista científicos aceptados.

Se ve por ejemplo que los docentes aceptan que los objetos se “caen” porque el fenómeno es causado por una fuerza que ejerce la tierra sobre estos. Observan que la caída de objetos está relacionada con la gravedad como una fuerza que los atrae hacia el centro de la Tierra. La gravedad, según Newton (1687), era una fuerza de atracción que actuaba a distancia entre masas y esta teoría está presente en el marco de referencia que usa el docente para deducir sus concepciones que luego enseña en las clases de secundaria hoy en día. Sin embargo, este modelo explicativo por el cual los docentes estructuran su concepción de gravedad no considera la teoría general de la relatividad de Einstein que propone una descripción muy diferente del concepto, tal y como se resume en la expresión de John Wheeler "La materia le dice al espacio-tiempo cómo curvarse, y el espacio-tiempo le dice a la materia cómo moverse".

Otro aspecto a considerar son los factores que usan los docentes para dar sentido a esa concepción de la gravedad como una fuerza. El hecho de relacionar la caída de los objetos con la famosa historia de

que Newton observó la caída de una manzana nos lleva a deducir que el referente histórico es el principal signo para producir y explicar la concepción de gravedad que tienen los docentes. Podríamos derivar a partir de esta relación histórica y observable que los maestros al ver caer un objeto suponen que debe haber una fuerza que actúa sobre él para hacerlo acelerar en la caída; como todos los objetos caen con la misma velocidad, esta fuerza debe ser proporcional a la masa de los objetos y se dirige al centro de la Tierra. Esta idea asociada a la fuerza es la misma que los docentes usan para explicar el movimiento orbital de los planetas alrededor del Sol. A partir de este análisis, los profesores pueden explicar que la caída de los objetos se debe a una fuerza que ejerce la Tierra sobre ellos y que llaman gravedad.

La idea de gravedad en relación con la Tierra parte de la noción de que “las cosas caen hacia abajo” hasta la idea más sofisticada de que “las cosas caen hacia el centro de la Tierra”, sin embargo, el concepto de gravedad que ellos mismos enseñan en la educación secundaria va mucho más allá de esas creencias iniciales. La comprensión del concepto de gravedad y su relación con la vida cotidiana vincula la aplicación de las tres leyes del movimiento y la ley de gravitación universal formuladas por Isaac Newton; esto se ve reflejado en los procesos de razonamiento deductivo que usa el docente para producir y utilizar la concepción.

Este sistema de ideas permite al docente predecir una variedad amplia de fenómenos físicos que a menudo citan como “la teoría científica por excelencia”; y aunque la teoría de la gravedad de Newton ha sufrido cambios en algunos aspectos importantes por la teoría de la relatividad de Einstein, sigue constituyendo un pilar central de la enseñanza de la física en la educación secundaria.

Consideremos ahora la relación intuitiva que hacen los docentes con respecto a la curvatura del espacio – tiempo y la gravedad. Es claro que los docentes representan el espacio-tiempo como una superficie bidimensional simplificada, que está siendo distorsionada por la presencia de un cuerpo con masa. Esta es una buena manera de tratar de modelar la gravedad como si fuera un objeto real, con una geometría flexible y maleable, como si el espacio-tiempo fuera un trozo de caucho de látex sometido a deformaciones.

Esta idea de relacionar la gravedad con la deformación de un plano en presencia de una masa, por sí sola, podría ser suficiente para explicar lo que es el concepto como tal. Aunque la utilización del término “curvatura”, como si el espacio fuera una especie de tejido elástico hecho de materia, es mucho más

que un simple tejido materialista. Es evidente que la influencia de los conocimientos en matemáticas lleva el concepto de gravedad a un asunto más métrico que vivencial.

La concepción de la gravedad como una deformación del espacio – tiempo está limitada por el contexto teórico, ya que la representación de ese tejido elástico distorsionado por una masa es bastante útil para el cálculo de efectos relativistas. Por ejemplo, se podría calcular las distorsiones en el tiempo (la única dimensión no espacial) debido a una mayor densidad de masa comparando un elemento deformado con su proyección en un plano ecuatorial plano y visualizar la dilatación del tiempo. Pero la misma representación se queda lamentablemente corta en precisión cuando se pregunta ¿por qué la gravedad no actúa radialmente hacia adentro, sino que va dirigida "hacia abajo" en el plano del espacio-tiempo? De hecho, no hay un "abajo" en la medida en que se considera la tierra en el espacio. En la superficie de la tierra, los docentes muestran el “abajo” como la fuerza que atrae los objetos hacia el centro de la tierra.

Ilustraciones, Tablas, Figuras.

Tabla 1. Resultados prueba de conocimiento

Docente	GCDF	GCDT	Índice Global	Puntaje Global	Desempeño
D1	5	6	5,75	115	Básico
D2	3	2	2,25	45	Bajo
D3	4	7	6,25	125	Alto
D4	2	3	2,75	55	Bajo
D5	3	4	3,75	75	Bajo
D6	5	8	7,25	145	Superior
D7	2	4	3,50	70	Bajo
D8	1	4	3,25	65	Bajo
D9	3	5	4,50	90	Bajo
D10	5	7	6,50	130	Alto
D11	2	5	4,25	85	Bajo
D12	3	3	3,00	60	Bajo
D13	2	5	4,25	85	Bajo
D14	1	3	2,50	50	Bajo
D15	2	1	1,25	25	Bajo

Fuente: Elaboración propia

Tabla 2. Representaciones gráficas de los docentes sobre GCCE.

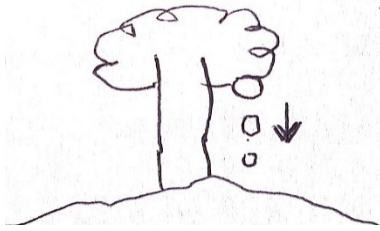
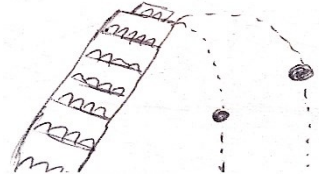
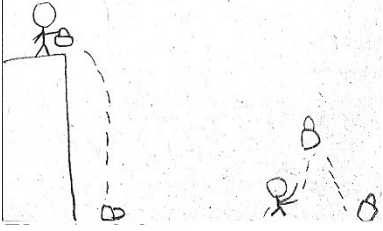

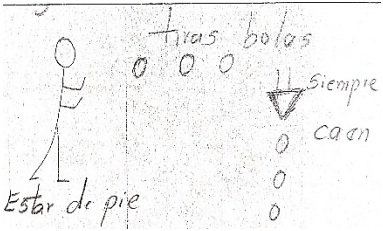
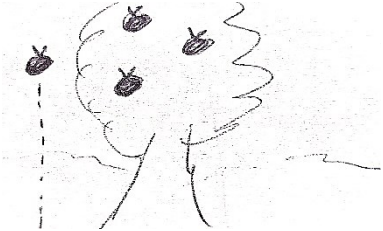
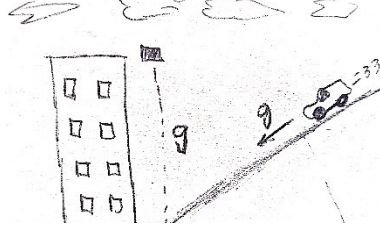

<p>D2</p> 	<p>D3</p> 	<p>D4</p> 
<p>D5</p> 	<p>D8</p> 	<p>D11</p> 
<p>D12</p> 	<p>D15</p> 	

Tabla 3. Representaciones gráficas de los docentes sobre GCFD.

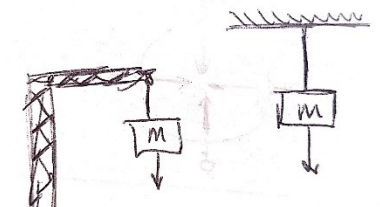
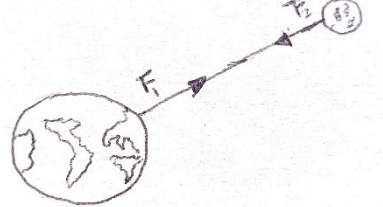
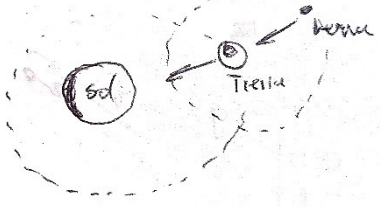

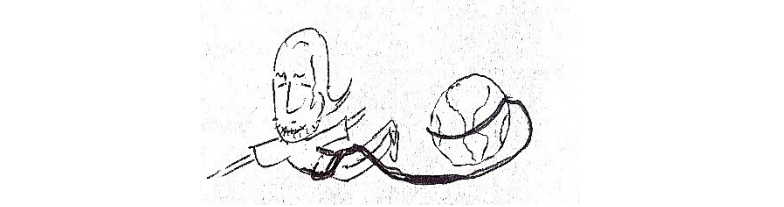
<p>D7</p> 	<p>D9</p> 	<p>D10</p> 
<p>D13</p> 	<p>D14</p> 	

Tabla 4. Representaciones gráficas de los docentes sobre GCDET.

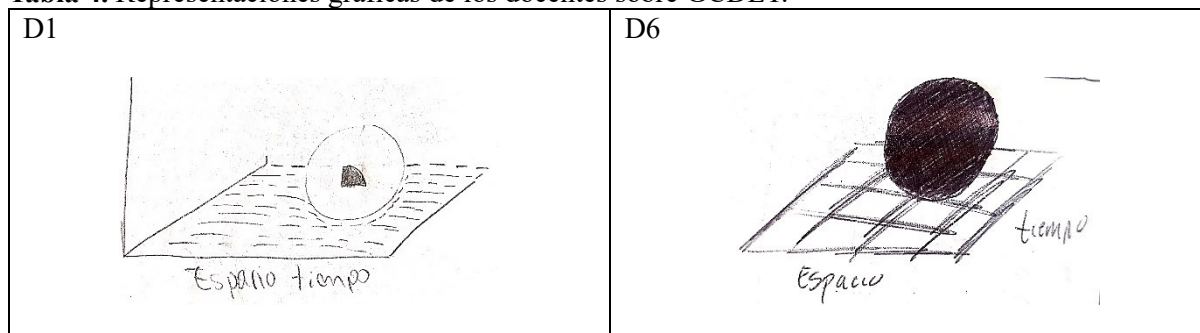
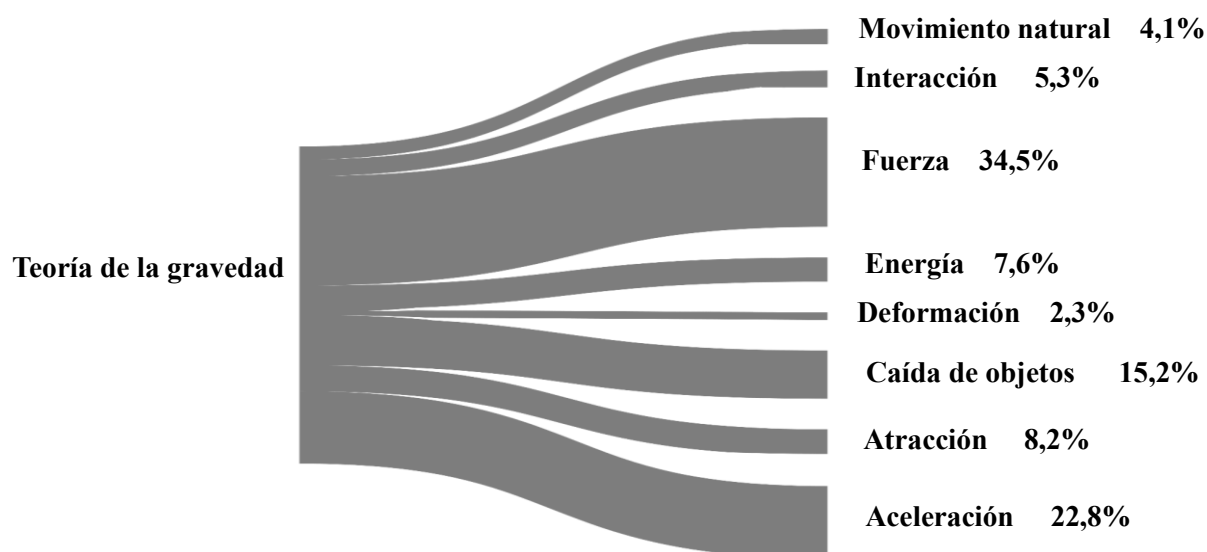


Gráfico 1. Conceptos que usan los docentes para explicar la gravedad.



CONCLUSIONES

En la investigación educativa es difícil indagar las concepciones con una prueba de opinión o conocimiento simplemente realizando lecturas repetidas, porque los seres humanos cambian constantemente debido a las experiencias entre las aplicaciones de los instrumentos, y también porque pueden sufrir cambios debido a la experiencia del propio proceso de medición.

Así, un participante puede responder a una serie de preguntas y esa misma actividad puede poner en marcha procesos de pensamiento que conducen a nuevas concepciones o a una mayor integración de los conocimientos. Un día, una semana o un mes más tarde, el participante puede responder a las mismas preguntas de forma diferente sin más motivo que el hecho de haber respondido a la prueba original que le proporcionó una experiencia de aprendizaje.

Las concepciones están ligadas a la enseñanza de las ciencias en las instituciones educativas y el impacto que tiene un docente en un grupo de estudiantes es significativo, ya que se enseña con base a las opiniones y no al conocimiento. Estos sistemas de creencias se basan principalmente en las experiencias personales y la diversidad de ideas que los docentes construyen a través de las interacciones con el mundo.

Las explicaciones científicas formales suelen tener caminos divergentes y los docentes tienen opiniones ingenuas sobre la gravedad, como *"La gravedad la defino como una fuerza que ejerce la Tierra sobre los cuerpos y que los atrae hacia ella"* o *"La gravedad es una fuerza que ejerce un cuerpo, que es de la Tierra sobre los cuerpos"*. La idea de que la gravedad sólo actúa sobre los objetos que se mueven verticalmente hacia abajo y no sobre los que se mueven verticalmente hacia arriba muestra que los maestros que enseñan física tienen concepciones erróneas sobre la gravedad, la aceleración gravitatoria, la fuerza gravitatoria, el peso y la inercia.

En el proceso de enseñanza y aprendizaje, es necesario que el docente comprenda bien algunos conceptos clave para desarrollar un mejor proceso de enseñanza, ya que la comprensión conceptual y la construcción del conocimiento promueve la alfabetización científica y aumenta las actitudes positivas hacia la ciencia en la sociedad. El concepto de gravedad está estrechamente relacionado con otros conceptos de física general, por lo tanto, la comprensión de la gravedad por parte de los docentes puede ser un indicador de su comprensión de otros conceptos de la física, como la cinemática y el impulso, así como la fuerza, el peso, el movimiento de caída libre, el movimiento de los proyectiles, el movimiento circular, la conservación de la energía y el impulso que también están influidos por la gravedad.

Una situación que es importante aclarar es que los conceptos umbrales en física son difíciles de entender por los docentes.

La falta de comprensión de los conceptos tiene un efecto a largo plazo en el aprendizaje de los estudiantes y en la capacidad para utilizar los conocimientos en nuevos contextos. Los docentes pueden pensar correctamente en un caso, pero se equivocan en otro, aunque los casos estén contruidos por el mismo concepto. En cuanto al concepto de gravedad, esta incoherencia está señalada donde los docentes tienden a utilizar el pensamiento newtoniano de que la aceleración gravitatoria es la misma para el

movimiento vertical de caída libre hacia abajo, pero piensa que el objeto más pesado cae más rápido. Los conceptos erróneos son uno de los problemas educativos más graves y uno de los factores que provocan la falta de calidad en los resultados educativos son las ideas erróneas que transmiten los docentes. Las concepciones interfieren negativamente en el proceso de enseñanza. Es importante que los docentes desarrollen una comprensión conceptual suficiente de los conceptos umbral para que puedan conectarse con el nuevo conocimiento. Además, basándonos en los resultados de la investigación, se concluye que las concepciones son muy resistentes al cambio mediante estrategias de enseñanza tradicionales. Por lo tanto, es necesario un enfoque diferente bajo una teoría específica para superar esas concepciones.

Para iniciar el proceso de transformación conceptual, el primer paso que hay que dar es la identificación de concepciones que tienen los docentes y que son transmitidas a los estudiantes. La identificación de estas concepciones puede ayudar a los profesores a reconocer sus obstáculos y conflictos cognitivos y llevarlos a superar sus conceptos erróneos. Este proceso inicial puede ser una garantía para facilitar un proceso de enseñanza significativo sobre un tema científico. Sin embargo, hasta el momento, hay poca investigación sobre las concepciones de los docentes, especialmente para los docentes que enseñan física en la educación pública.

La aplicación del modelo alostérico permitió identificar las concepciones arraigadas en los docentes y están caracterizadas como una acumulación de información, teórica y práctica, estructurada y almacenada gracias a las experiencias vivenciales producto de los procesos educativos. Esta acumulación de información debe recogerse antes del proceso de enseñanza para adaptar mejor el conocimiento a las condiciones de los estudiantes.

De esta investigación se desprende la idea de que las concepciones no son ni simples recuerdos ni reflejos del contexto. Las concepciones son más bien producciones originales, o mejor, son un universo construido a partir de significados, que confronta los saberes acumulados más o menos estructurados, cerca o lejos de los conocimientos científicos que sirven de referencia.

Es importante destacar que los docentes tienen unas concepciones a través de las cuales interpretan o explican fenómenos de la vida cotidiana y en la mayor parte de los procesos de enseñanza distorsionan o evaden el conocimiento científico para permitir que esas concepciones hagan parte de

la formación académica. Esto implica acciones educativas o culturales que tengan en cuenta que conocer las concepciones personales ayudará a producir conocimientos y permitan resolver los problemas de la enseñanza de la ciencia con mayor eficacia.

La tendencia de aceptar conclusiones porque son creíbles en lugar de su validez teórica está relacionado con la capacidad de los docentes para generar concepciones. Cuantas más concepciones genera un docente, basado en el conocimiento científico, menos probable es que transfiera un conocimiento erróneo en los procesos de enseñanza. Cuando las personas llegan a una conclusión creíble sobre un determinado tema, terminan la búsqueda de concepciones alternativas, pero cuando llegan a una conclusión increíble, es probable que continúen la búsqueda de concepciones que satisfagan su cuestionamiento. En concreto, la capacidad de cuestionar las propias creencias, o al menos de ignorarlas, para generar soluciones alternativas a un problema, puede determinar la capacidad de transmitir conocimiento desde los procesos de enseñanza.

Desafortunadamente, en la mayoría de los sistemas educativos del mundo la postura más común es "decir" o "mostrar" al alumno como un sujeto capaz de registrar los conocimientos científicos de forma espontánea. Algunos educadores, especialmente los que enseñan en la educación secundaria y media, se dan cuenta de que las concepciones interfieren en el aprendizaje significativo, pero eso no conlleva necesariamente un cambio en sus prácticas de aula.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- Adegboye Motunrayo , C., Bello, G., & Abimbola, I. (2017). Conceptions of the Nature of Biology Held by Senior Secondary School Biology Teachers in Ilorin, Kwara State, Nigeria. *Malaysian Online Journal of Educational Sciences*, 5(3), 1 - 8.
- Alabdulkareem, S. A. (2016). The Impact of Science Teachers' Beliefs on Teaching Science: The Case of Saudi Science Teachers. *Journal of Education and Learning*, 5(2), 233 - 248.
- Aristóteles. (299 a.C/ 2004). *De Generatione et Corruptione*. (F. de Haas, & J. Mansfeld, Edits.) New York: Oxford University Press.
- Aristóteles. (350 A.c / 1908). *De Caelo*. (J. Stocks, Trad.) Oxford: Clarendon Press.
- Barnes, N., Fives, H., & Dacey, C. (2015). Teachers' beliefs about assessment. En H. Fives, & M. Gill, *International handbook of research on teachers' beliefs* (págs. 284 - 300). London: Routledge.

- Brown, G. T. (2003). Teachers' instructional conceptions: Assessment's relationship to learning, teaching, curriculum, and teacher efficacy. Paper presented to the joint conference of the Australian and New Zealand Associations for Research in Education, Auckland, NZ.
- Bruno, G. (1584). *De l'infinito, universo e mondi*. Londres.
- Cheung, A. (2019). Second Language Teachers' Conceptions of Teaching Literary Texts. *The Electronic Journal for English as a Second Language*, 23(1).
- Copérnico, N. (s.f.). *De Revolutionibus Orbium Coelestium*. 1543.
- Descartes, R. (1664). *Le Monde / Traité du et de la lumière*.
- Donahue, W. (2004). *Selections from Kepler's Astronomia Nova*. Santa Fe: Green Lion Press.
- Einstein, A. (1916). *Relativity: The Special and General Theory*. (R. W. Lawson, Trad.) Methuen & Co Ltd.
- Galilei, G. (1590). *De Motu Antiquiora*. (M.-P. I. Science, Ed.)
- Galilei, G. (1612). *Discorso intorno alle cose che stanno in su l'acqua, o che in quella si muovono*.
- Galilei, G. (1638/1914). *Dialogues concerning two new sciences*. (H. Crew, & A. de Salvio, Trans.) New York: The Macmillan Company.
- Gilbert, W. (1651). *De Mundo nostro sublunari philosophia nova*. Amsterdam: Ludovico [Lowij] Elzevier.
- Giordan, A. (1993). Representaciones y concepciones. *Qurriculum: Revista de Teoría, Investigación y Práctica Educativa*(6), 5 - 30.
- Giordan, A., & de Vecchi, G. (1995). *Los orígenes del saber. De las concepciones personales a los conceptos científicos*. Sevilla: Díada Editorial S.L.
- Gutiérrez, E. A. (2018). Concepciones aristotélicas y prenewtonianas en estudiantes de primer año de las carreras de Biología y Geología de la FCEFyN de la UNC. *Revista de Enseñanza de la Física*, 30(Extra), 101 - 109.
- Hidalgo, N., & Murillo, J. (2017). Las Concepciones sobre el Proceso de Evaluación del Aprendizaje de los Estudiantes. *REICE. Revista Iberoamericana sobre Calidad, Eficacia y Cambio en Educación*, 15(1), 107 - 128.

- Jenniz , J. (2010). Discusión reflexiva: entre las concepciones del saber docente, y el proceso de transposición didáctica Sapiens. *Revista Universitaria de Investigación*, 11(1), 79 - 96.
- Kepler, J. (1609/1736). *Astronomia Nova*. (W. Donahue, Trad.) Green Lion Press.
- Knox, D. (2002). Bruno's Doctrine of Gravity, Levity and Natural Circular Motion. *Physis*, 38, 171–209.
- Newton, I. (1687). *Philosophiae Naturalis Principia Mathematica*. (B. Motte, Ed.) Londres.
- Nina , H., & Murillo, J. (2017). Las Concepciones sobre el Proceso de Evaluación del Aprendizaje de los Estudiantes. REICE. *Revista Iberoamericana sobre Calidad, Eficacia y Cambio en Educación*, 15(1), 107 - 128.
- Philipp, R. (2007). Mathematics teachers' beliefs and affect. En F. Lester, *Second handbook of research on mathematics teaching and learning* (págs. 257 - 315). Charlotte: Information Age Publishing.
- Plutarco. (s.f.). *De Facie Quae in Orbe Lunae Apparet*. En *Moralia* (C. G. Gual, Trad., Vol. XII). Madrid: Gredos S.A.
- Polanyi, M. (1967). *The Tacit Dimension*. New York: Anchor Books Edition.
- Rosen, E. (2004). *Three Copernican Treatises 2nd edition*. En B. Cohen, *The birth of a new physics 2nd edition*. New York: W.W Norton & Company.
- Thompson, A. (1992). Teachers' beliefs and conceptions: A synthesis of research. En D. Grouws, *Handbook of Research on Mathematics Teaching and Learning* (págs. 127 - 146). New York: Macmillan.
- Wandersee, J., Mintzes, J., & Novak, J. (1994). *Research on alternative conceptions in science*. New York: Simon & Schuster y Prentice Hall International.