

Teoría intuitiva sobre la atracción gravitacional en el nivel superior



Bastión, M. G. M., Cruz, F., Pérez, R.A.R.

Departamento de Ciencias Básicas, Universidad Autónoma Metropolitana Azcapotzalco, San Pablo 180, CDMX, 03500, México.

E-mail: mbastien@azc.uam.mx

(Recibido el 16 de diciembre de 2019, aceptado el 24 de marzo de 2020)

Resumen

A partir de los preconceptos que se observan en los estudiantes de ingeniería sobre la atracción gravitacional, modelamos una teoría intuitiva con la que analizamos la falta de coherencia que se observa en algunas explicaciones que dan los alumnos a problemas en este campo. Esta teoría intuitiva que obtuvimos no es compatible con la teoría de Gravitación Universal de Newton y es solamente una posible representación del esquema cognitivo que tienen los alumnos sobre fuerza de atracción gravitacional. Para este estudio utilizamos una muestra de 110 alumnos de primer ingreso a ingeniería de las 10 licenciaturas que se imparten en nuestra Universidad. La metodología se basó en un test de doble entrada con respuesta cerrada y justificación libre de la respuesta. Los resultados muestran regularidades en los preconceptos que nos permiten relacionarlos para construir una teoría intuitiva que reproduzca las respuestas de los alumnos al test planteado.

Palabras clave: Atracción gravitacional, Errores conceptuales, Teoría intuitiva.

Abstract

Based on the preconceptions observed in engineering students about gravitational attraction, we model an intuitive theory with which we analyze the lack of coherence observed in some explanations that students give to problems in this field. This intuitive theory that we obtained is not compatible with Newton's theory of Universal Gravitation and is only a possible representation of the cognitive scheme that students have on the gravitational force of attraction. For this study we used a sample of 110 first-year engineering students from the 10 bachelor's degrees taught at our University. The methodology was based on a double entry test with closed response and free justification of the response. The results show regularities in the preconceptions that allow us to relate them to build an intuitive theory that reproduces the students' responses to the proposed test.

Keywords: Gravitational attraction, Misconceptions, Theory-like.

PACS: 01.40.gb, 01.40.-di, 01.40Fk,

ISSN 1870-9095

I. INTRODUCCIÓN

En la población de alumnos de las 10 licenciaturas en ingeniería que se imparten en la Universidad Autónoma Metropolitana en la Ciudad de México, se tienen un alto grado de deserción en los primeros trimestres y elevados índices de reprobación que muestran que los alumnos no dominan los contenidos. Es necesario conocer lo que ocurre específicamente con nuestros alumnos de primer ingreso respecto a sus deficiencias en física. Un aspecto que llama la atención es la dificultad para analizar situaciones relativamente sencillas en que interviene la fuerza gravitacional o realizar los correspondientes diagramas de cuerpo libre (DCL) en el caso estático y dinámico. Entre las deficiencias observadas están que los alumnos no incluyen todas las fuerzas y que no se comprende la fuerza gravitacional (FG), lo que se traduce en un planteamiento incorrecto de la segunda ley de Newton y la consecuente

resolución errónea de los problemas, lo que también han encontrado otros investigadores en América Latina [1]. Con el fin de mejorar el desempeño de los alumnos estudiamos los conocimientos que tienen sobre la atracción gravitacional y su utilización en problemas.

Son numerosos los autores que han estudiado los errores conceptuales; la clasificación que vamos a seguir en este trabajo es la que plantean Chi y Roscoe [2] en que las *preconcepciones* son errores conceptuales relativamente fáciles de corregir y las *representaciones alternativas (misconceptions)* son más robustas y no es fácil corregirlas porque están articuladas con otros conceptos erróneos. Vamos a llamar genéricamente a ambas “errores conceptuales”.

Existen numerosos trabajos sobre la falta de comprensión y errores conceptuales asociados a la FG desde la escuela primaria [3, 4, 5] en donde queda claro que la fuerza de atracción actúa en la Tierra; el peso se separa

de la fuerza de atracción e incluso no hay una causalidad clara; se distingue lo que ocurre en la Tierra donde los objetos caen, de lo que ocurre en la luna donde, según algunos alumnos, flotan; finalmente en esta etapa es claro que la fuerza de gravedad actúa en conjunto con el aire. En la escuela secundaria se añade el efecto de presión del aire y se comienza a dar explicaciones sobre la FG [5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12].

En el Bachillerato [13, 14] se añade que la atmósfera juega un papel importante en la presencia de la FG; se piensa que cuando un objeto se lanza hacia arriba la fuerza total está dirigida hacia arriba; en su punto más alto la FG es cero; incluso que cuando cae un objeto de un avión no hay gravedad o es menor que en la superficie terrestre y en este nivel se afirma que a la altura de los satélites artificiales no hay gravedad.

En los estudios realizados en el nivel universitario [15, 16, 17, 18, 19] se encuentra además de los preconceptos de bachillerato, el concepto de “abajo” y el de gravedad causada por la atmósfera, por el magnetismo, por el “centro” o incluso la rotación Terrestre. A este nivel, se dejan de lado razones obviamente erróneas y se sustituyen por otras más refinadas y ligadas con otros razonamientos como las de el magnetismo, densidad o la presión.

En este trabajo nos propusimos modelizar las regularidades encontradas en los errores conceptuales, en el nivel universitario con estudiantes de primer ingreso para poder deducir, mediante un análisis textual, la estructura mental, que denominaremos *Teoría intuitiva* que permite reproducir las respuestas erróneas a preguntas relacionadas con la Fuerza de atracción gravitacional.

Conocer la *teoría intuitiva* que utilizan los alumnos es importante ya que en los siguientes cursos se estudian numerosas situaciones en que interviene la fuerza gravitacional y se observa que los alumnos tienen dificultades de comprensión y generan DCL ligados a este modelo, que no permite obtener ecuaciones correctas para solucionar problemas, por ello conocer el origen de las dificultades permite diseñar estrategias didácticas para mejorar la comprensión de la fuerza gravitacional.

II. METODOLOGÍA

Utilizamos un cuestionario que diseñamos a partir de preguntas aplicadas por otros autores [5, 14] y nuestra propia experiencia. Con el fin de validar estas preguntas aplicamos un cuestionario exploratorio de 10 ítems a dos grupos al inicio del trimestre 18-O, discutimos los resultados con tres docentes de esta materia y con base en sus observaciones y las nuestras, afinamos las preguntas y lo aplicamos al inicio del trimestre 19-O a seis grupos de primer ingreso.

El cuestionario es de opción múltiple, de doble entrada, y se les solicita una explicación escrita justificando su respuesta. Este cuestionario se presenta en el anexo A. Para el planteamiento de las preguntas del cuestionario en dos etapas analizamos los trabajos de varios autores [14, 20] que han utilizado esta técnica con excelentes resultados,

pues se obtiene una justificación de cada respuesta y permite conocer no sólo la respuesta sino el razonamiento atrás de cada una de ellas. A partir de las respuestas escritas realizamos un análisis, en primer lugar cuantitativo, de las respuestas a las preguntas y después un análisis de los textos generados, en que separamos párrafos con errores conceptuales, identificamos y clasificamos los preconceptos que se repiten y, más importante, cómo se utilizan éstos en las explicaciones; con este análisis pudimos delinear una primera modelización de errores conceptuales o “teoría intuitiva” que verificamos reproduzca las respuestas erróneas de los alumnos. En caso de haber diferencias, se refina el proceso, analizando nuevamente las respuestas y errores conceptuales para mejorar el modelo. Este proceso de refinación nos permitió configurar la teoría *intuitiva* que presentamos más adelante a partir de la cual es posible dar cuenta de la mayoría de las respuestas erróneas de los alumnos. Es importante señalar que se trabajó en un mismo registro semiótico (lingüístico) para el análisis y modelización de la teoría intuitiva.

Chi y Roscoe [2] establecen con claridad lo que el concepto de *teoría intuitiva* (theory-like) describe. Ellos lo llaman en general “naïve domain theories” (teorías intuitivas disciplinares) al conocimiento intuitivo que tiene regularidades en los errores conceptuales y que tiene leyes o principios subyacentes, aunque erróneos. Esta fue la metodología de elaboración de una teoría intuitiva (theory-like) que han presentado otros autores [21].

En total se aplicaron 110 cuestionarios a estudiantes, entre 17 y 25 años, que provienen principalmente de Bachilleratos oficiales, sólo un pequeño porcentaje proviene de escuelas privadas de la Cd. de México.

III. ANALISIS

Comenzamos con la estadística de las respuestas al cuestionario (que se muestra en el apéndice 1). Esto nos permitió conocer de modo aislado los razonamientos erróneos, para después identificar, separar, clasificar y analizar los textos producidos en las justificaciones a las respuestas. Los resultados más relevantes fueron los siguientes:

La pregunta 3 es sobre la dirección de la Fuerza de gravedad que actúa en un objeto que se mueve hacia arriba. El 91 % de los alumnos contesta correctamente la pregunta, si bien es preocupante que haya 9% que considera que la fuerza va a hacia arriba o sea en el sentido de movimiento. Los comentarios de estos alumnos son importantes para construir una teoría intuitiva, mostramos en seguida algunos ejemplos de las respuestas de los alumnos:

- *En determinado momento se acabará la fuerza con que se lanza el objeto.*
- *El campo gravitatorio actúa entre 0 y 20 km.*
- *Porque si se lanza con mayor fuerza tienen que caer.*
- *Todo lo que sube tiene que bajar.*
- *La fuerza que se aplica tiene que ser contraria a la que se emite.*

Esta pregunta tiene su contraparte en la pregunta 4, que es la misma pero el movimiento es hacia abajo. El porcentaje de respuestas es prácticamente igual y las explicaciones muy parecidas, lo que indica congruencia en las respuestas, es decir solo aproximadamente el 10% de los alumnos tiene concepciones erróneas en la dirección de la FG.

Las explicaciones son más denotativas de problemas conceptuales en la pregunta 5 en la que se cuestiona sobre lo que ocurre en la altura máxima. En este caso las respuestas correctas bajan al 68%, que nos indica errores conceptuales en la interpretación, los textos escritos son los que permiten aclarar ante qué tipo de errores estamos. Algunos ejemplos de respuestas son:

- *En un momento tiene que parar por su masa.*
- *Porque al alcanzar su punto máximo comienza un movimiento hacia abajo.*
- *La resistencia es la misma que la fuerza de lanzamiento.*
- *Cuando llega a su punto máximo la gravedad lo jala hacia abajo.*
- *Se llega a un punto nulo por las fuerzas que se aplican.*

La pregunta 6 nos indica la existencia de otra zona de análisis. Se cuestiona a los alumnos por qué flota un astronauta en la estación espacial. Observamos que la respuesta con 50% es la de que la fuerza gravitacional es nula a esa distancia. Es decir, la mitad de los estudiantes no puede pasar de una representación algebraica, con el inverso del cuadrado, a una representación física (este es un problema semiótico en el que no profundizaremos en este trabajo) nos interesa el aspecto de la falta de comprensión y su articulación con los otros errores conceptuales. Las argumentaciones son del tipo siguiente:

- *Fuera de la órbita terrestre la gravedad no existe y por ello flotan.*
- *El peso es producto de m y gravedad (al no haber g , no hay peso).*
- *Porque ya están fuera de la Tierra y la gravedad ya no está ahí.*
- *Aquí no existe fuerza de atracción (5 alumnos).*
- *En el espacio hay vacío y no existe tal fuerza.*
- *Al estar fuera de la atmósfera deja de existir la gravedad.*

La pregunta 7 sirvió para investigar las ideas acerca de la atracción bajo el agua y, en general, se observa que, si hay conocimiento de la fuerza de atracción, pero hay confusión con la densidad y la flotación. La idea de que la densidad afecta la fuerza de atracción se refuerza con las respuestas a la pregunta 8 sobre la flotación de un globo lleno de helio.

La pregunta 10 nos permite establecer que, en el razonamiento de algunos alumnos, a la altura que vuelan los aviones, considerablemente más baja que la de la estación espacial, si actúa la fuerza de atracción gravitacional, es un "límite" a la acción de ésta. Como no se pedía un cálculo numérico, los alumnos hicieron un razonamiento cualitativo de que, a mayor distancia de la superficie terrestre, menor la magnitud de la fuerza de

Teoría intuitiva sobre la atracción gravitacional en el nivel superior atracción, de tal manera que a 5 km de altura la atracción gravitacional "es mucho menor que en la superficie terrestre". A unos cuantos km de la superficie actúa la gravitación, pero muy débilmente, de tal manera que a la altura en que orbitan naves espaciales, ya no existe.

Viennot [21] realizó un análisis con alumnos universitarios en mecánica, en particular con la fuerza, y con las regularidades en las preconcepciones que encontró, delineó una *teoría intuitiva* sobre la fuerza-energía que los alumnos universitarios utilizan para explicar situaciones como en la que, al lanzar un cuerpo hacia arriba, éste alcanza una altura máxima.

Trasladamos la sistematización de Viennot [21] al campo de la atracción gravitacional para analizar las ideas erróneas de los alumnos y a partir de las respuestas escritas determinamos las regularidades, para construir una *teoría intuitiva* de la que se pueden "deducir" las explicaciones de los alumnos para los hechos relacionados con la fuerza de atracción gravitacional.

IV. TEORÍA INTUITIVA

Un primer punto que surge al analizar los cuestionarios y sus respuestas es la falta de comprensión de los enunciados de las preguntas, por ello analizamos los textos producidos por los alumnos para no confundir conceptos erróneos con una lectura errónea del texto. La mayoría de los estudiantes comprendió la pregunta y las justificaciones a las respuestas son congruentes, otros son capaces de comprender, incluso, que no han entendido, lo cual implica una gran capacidad de metacognición. Las respuestas con falta de comprensión del enunciado, no fueron tomadas en cuenta para el análisis.

Basados en el análisis cuantitativo de las respuestas y en los comentarios libres escritos para cada pregunta, pudimos obtener los preconceptos compartidos por la mayoría de los alumnos y con ellos construir una teoría intuitiva de la atracción gravitacional, que no se refiere a ningún alumno en particular, sino que estructura las regularidades en las respuestas erróneas e intenta determinar el modelo teórico, es decir, "la teoría" a partir de la cual los alumnos explican los hechos que se les presentan. Sintetizamos la teoría intuitiva de la siguiente manera:

La Tierra es el origen de la fuerza de atracción sobre los objetos y éstos no ejercen ninguna fuerza sobre la Tierra, es una acción unidireccional. El hecho de que la Fuerza de atracción dependa del cuadrado de la distancia prácticamente no tiene utilidad pues la Fuerza de tracción es constante en la superficie terrestre. Más aún la dirección de la fuerza de atracción es hacia "abajo". Se distinguen tres zonas, no muy precisas, que rodean a la Tierra: la primera zona abarca desde unos cuantos metros o km debajo de la superficie terrestre, hasta unos 20 km de altura, en que los cuerpos son atraídos hacia el centro.

Dentro de esta teoría intuitiva hay varias proposiciones "ad hoc": *dentro del agua la densidad de los objetos es un factor que afecta la atracción.* pues por ejemplo la madera,

de menor densidad que el agua flota, sin embargo, el cemento se hunde, por lo que, en esta teoría, una lancha de cemento, se hunde. En el caso del helio, es claro que su densidad es la que influye para que la fuerza gravitacional prácticamente se anule sobre un objeto que contenga este u otros gases poco densos en comparación al aire que respiramos.

El mismo razonamiento se aplica al aire caliente ya que en palabras de un alumno “*es sabido*” que el aire caliente sube, como en los globos de Cantoya, en todo caso, los cuerpos de baja densidad tienden a subir. Continuemos con la teoría intuitiva:

La segunda zona o cascarón es el espacio fuera de la atmósfera -aunque existe confusión sobre la altura o distribución de ésta- donde ya no existe la atracción gravitacional, está cualitativamente identificada por la altura de las naves que se encuentran orbitando a la Tierra, es decir, donde existe una nave orbitando ocurre que la gravedad deja de existir. La principal demostración de esto es que los astronautas y los demás objetos flotan en las naves espaciales, como fácilmente se aprecia en fotografías, filmaciones o videos.

La tercera zona más allá de estas dos y que se prolonga indefinidamente en el espacio, es donde no existe ninguna fuerza de gravedad, y no es sino hasta llegar a otro planeta donde ocurre lo mismo que en la Tierra”

Algunos comentarios de los alumnos pueden aclarar la idea de estas zonas “...la Tierra siempre va a atraer a los objetos que se encuentren sobre la superficie” otro más indica explícitamente que “...para que sea atraído (el objeto) ...se (debe) encontrar sobre la superficie”, “... ya que fuera de la atmósfera no hay gravedad”.

Un punto especial que sí tiene una localización precisa es el centro de la Tierra donde para algunos reside la Fuerza de atracción gravitacional que atrae a los objetos, sin que esto implique que se trate de una atracción mutua.

Por otro lado, nuestros resultados muestran congruencia con los resultados de establecidos en el modelo de energía-fuerza [21] que se transmite al objeto al ser lanzado hacia arriba y que se agota poco a poco hasta alcanzar la altura máxima.

En lo que respecta a la dirección, los alumnos que son más analíticos expresan que la atracción es hacia el centro de la Tierra, señalamos que esta última afirmación indica que ese alumno es capaz de generar razonamientos congruentes con la descripción científica de la Fuerza de atracción gravitacional. La dirección resulta muy importante en la resolución de problemas de ingeniería, en especial en el planteamiento de los diagramas de cuerpo libre, pues son la herramienta para determinar las ecuaciones de movimiento. Incluso estos errores no permiten comprender correctamente el principio de D'Alembert para establecer ecuaciones de movimiento como se utiliza tradicionalmente en cursos de mecánica [22].

Es interesante notar que incluso en alumnos más avanzados, esta direccionalidad del objeto que “cae” hacia

la superficie de la Tierra, es fuente de confusiones, ya que prácticamente ninguno visualiza la falta de uniformidad del campo gravitacional terrestre y las implicaciones de suponer que es perpendicular a una superficie terrestre totalmente plana. Estos hallazgos son compatibles con los de Halloun y Hestenes [23]. Podemos decir que la comprensión y errores conceptuales en los estudiantes universitarios que participaron en este estudio son parecidos, y en algunos casos la falta de comprensión es mayor.

Los preconceptos asociados con la aceleración de la gravedad son notables en algunas de estas respuestas en que encontramos afirmaciones como la siguiente: “es el valor más aceptado (9.81 m/s^2) pero varía con la posición geográfica”, “su valor es de 9.81 ”. Esto se relaciona con la forma en que lo plantean los docentes, pues utilizan el valor de “g” en América del norte o Europa, por ello a través de las clases adquieren la idea de que este valor es un número fijo como pi o raíz cuadrada de 2, no les mostraron que utilizar un valor, por ejemplo 9.81 (de ahora en adelante omitiremos las unidades, m/s^2) es una convención que utilizan los libros de texto en países europeos y Norteamérica, donde “g” tiene aproximadamente este valor, pero en países de AL central el valor es más cercano a 9.8 si no es que menos, pues en Ecuador, al nivel del mar, es aproximadamente 9.78 , sin duda la utilización de 9.81 en secundaria y Bachillerato es producto de una dominación cultural en el campo de los libros de texto.

Los alumnos de primer ingreso acarrear grandes confusiones de términos, no sólo mal empleados, como tal vez aprendieron en niveles educativos anteriores, porque se utilizan tanto para hablar del fenómeno de la atracción gravitacional, como para referirse a la aceleración de la gravedad o a la fuerza de gravedad, por esta razón en algunas justificaciones se construye mal el razonamiento y no comprenden si se refieren a la fuerza, la aceleración o al hecho mismo de la atracción.

Un aspecto interesante que se obtiene de la lectura de las justificaciones que dan los alumnos es que algunos fenómenos no requieren explicación, simplemente “ocurren” o son “consecuencia” de otra acción. Por ejemplo, un alumno que contesta correctamente la pregunta P5 (cuando alcanza una altura máxima...) escribe: “*es como consecuencia de una acción, al lanzar algo hacia arriba*” Es decir esta consecuencia (la $v=0$ en el punto más alto) no tiene razón alguna en su razonamiento, así debe ocurrir, se detiene y comienza a caer, es simplemente algo que ocurre y ya. Este es uno de los tantos aspectos que se requiere memorizar para resolver un problema, no hay que analizar simplemente memorizar una serie de resultados.

Un razonamiento interesante de los alumnos es que la atracción gravitacional no es una atracción mutua, sino que la Tierra “atrae” a los objetos, pero el objeto no atrae a la Tierra, es un fenómeno asimétrico, este error se refleja, en especial, en la construcción de los DCL, que regularmente se utilizan como una etapa previa al planteamiento de la segunda Ley de Newton y si no se tiene un diagrama correcto, no se establecerá correctamente la ecuación de la segunda ley. Añadimos a esta situación que algunos

alumnos consideran que el responsable de esta caída hacia la superficie de la Tierra es el objeto mismo, es como si el hecho de tener masa, llevase aparejado el fenómeno de caer e incluso el de “pesar”, razonamiento que, si bien deja de utilizarse en enseñanza secundaria, da como resultado la idea de dirección absoluta de “arriba” y “abajo” en el espacio; razonamiento erróneo que se conserva en el nivel superior, aunque en muy pocos alumnos.

V. CONCLUSION

El estudio sobre los errores conceptuales en referencia a la gravitación nos permite entender la razón de numerosas dificultades en materias más avanzadas, otros autores, aun sin investigar preconceptos enuncian que el conocimiento de la gravedad es fundamental para acceder a otros conceptos de la física [24]. Es importante notar que sólo alrededor del 5% de los alumnos no tiene ningún error conceptual en las preguntas que realizamos. En la siguiente materia que llevan los alumnos se estudia la Dinámica de la partícula, el primer ejemplo es el movimiento de un objeto en el campo gravitacional ¿De qué modo se puede abordar un estudio sobre las ecuaciones de movimiento si los conceptos no se manejan bien y las ecuaciones no arrojan luz sobre los conceptos en general? Lo mismo ocurre con los diagramas de cuerpo libre (DCL), la mayoría de las veces se tienen la duda de la existencia de una fuerza gravitacional. El docente supone que el alumno comprende el fenómeno de atracción y lo que ocurre en diversas situaciones, por ejemplo en un tiro vertical; el resultado es que ni los DCL se construyen bien ni las ecuaciones se plantean correctamente y como se muestra en un estudio sobre resolución de problemas [25] sólo una pequeña parte de los alumnos puede plantear correctamente las ecuaciones de movimiento, la razón de fondo es precisamente la que acabamos de presentar: la falta de comprensión conceptual del fenómeno en cuestión, no la dificultad de relacionar variables o utilizar matemáticamente las ecuaciones.

La atracción gravitacional y la discusión de los conceptos asociados, con el fin de que los alumnos manejen la teoría de la gravitación correcta y no alguna teoría intuitiva diferente es urgente en los primeros trimestres de las licenciaturas en ingeniería. La modelización que desarrollamos, muestra que los estudiantes no sólo tienen errores de comprensión, sino conocimientos que se pueden utilizar como puntos de partida para mejorar el aprendizaje.

El análisis anterior nos explica las dificultades y errores de algunos alumnos, al resolver problemas en que la fuerza de gravedad es una de las fuerzas implicadas. Por ejemplo, en problemas donde se analiza el tiro vertical, se utiliza un análisis en tres “tiempos” subida, altura máxima y bajada, pues no se comprende que en toda la trayectoria la aceleración gravitacional tiene la misma dirección y por lo tanto existe una ecuación única que describe todo el movimiento.

Otro ejemplo es el estudio del tiro parabólico, donde los alumnos utilizan una fuerza extra en la explicación, la fuerza que “lleva” al móvil y se piensa que el

Teoría intuitiva sobre la atracción gravitacional en el nivel superior “agotamiento” de esta es la responsable de la caída a la Tierra. Igualmente, cuando se aborda la fuerza centrípeta en un problema de rotación, por ejemplo, de la rueda giratoria en un parque de atracciones, no se dibuja correctamente el DCL y por lo tanto no se plantean bien las ecuaciones que describen el fenómeno. Lo mismo ocurre al plantear problemas en los que interviene un elevador mecánico, los conceptos erróneos de la FG obstaculiza el planteamiento del problema y no se plantean correctamente los DCL que son una herramienta para determinar las ecuaciones de movimiento. Finalmente añadimos que una fuente de la confusión con el peso y la normal, tomada esta última como reacción del peso, tiene su origen en la falta de comprensión de la atracción gravitacional.

Los resultados anteriores muestran la necesidad de que los docentes discutan en clase también la parte conceptual y no solo la manipulación algebraica.

Finalmente, este trabajo nos ha llevado a desarrollar una estrategia activa para mejorar la comprensión conceptual y no sólo matemática de este tema cuyos resultados presentaremos en un siguiente artículo.

REFERENCIAS

- [1] Gangozo, Z., Truyol, M. E., Brincones, I., Gattoni., *Resolución de problemas, comprensión, modelización y desempeño: un caso con estudiantes de ingeniería*, Lat. Am. J. Phys. Educ. **2**, 3 (2008).
- [2] Chi M. T. H. & Roscoe, R. D., *The Processes and challenges of conceptual change*, en M. Limón y L. Mason, *Reconsidering conceptual change. Issues in theory and practice*, (Kluwer Academic Publishers. Netherlands, 2002) pp 3-27.
- [3] Lelliot, A., *Understanding Gravity: The Role of a School Visit to a Science Centre*, International Journal of Science Education, Part B **4**, 305-322 (2014).
- [5] Reynoso, E., Fierro, E., Torres, G., Vicentini-Missoni, M., Perez de Celis, J., *The alternative frameworks presented by Mexican students and teachers concerning the free fall of bodies*, International Journal of Science Education **15**, 127-138 (1993).
- [6] Vila, J., & Sierra, C. J. *Weightlessness vs. Absence of gravity. An illustration of a didactic approach showing accuracy and attention to fact*, Lat. Am. J. Phys. Educ. **2**, 4 (2008).
- [7] Hestenes, D., Wells, M., Swackhamer, G., *Force concept inventory*, The Physics Teacher **30**, 141-158 (1992).
- [8] Palmer, D., *Students' alternative conceptions and scientifically acceptable conceptions about gravity*, International Journal of Science Education **23**, 691-706 (2001).
- [9] Apaydin, Z., *The Knowledge Structures about Buoyancy Concept of Secondary School Students: Phenomenological Primitive Flotation*, Education and Science **39**, 402-424 (2014).
- [10] Ruggiero, S., Cartelli, A., Dupre, F., Vicentini, M., *Weight, gravity and air pressure: mental representation by*

[11] Bar, V., Brosh, Y., Sneider, C., *Weight, mass and gravity*, Science Educator 24, 1-13 (2015).

[12] Sneider, C., Ohadi, M., *Unraveling students' misconceptions about the Earth's shape and gravity*, Science Education 82, 265-284 (1998).

[13] Watts, D. M., *Gravity - don't take it for granted!*, Phys. Educ. 17, 116 (1982).

[14] Pablico, R., J., *Misconceptions on force and gravity among high school students*, LSU Theses. 2462 (2010). Available in

https://digitalcommons.lsu.edu/gradschool_theses/2462

[15] Ashgar, A., Libarkin, J., *Gravity, magnetism, and "down": Non-physics college students' conceptions of gravity*, Science Educator 19, 42-55 (2010).

[16] Libarkin, J., Anderson, S., Dahl, J., Beilfuss, M., Boone, W., *Qualitative analysis of college students' ideas about the earth: interviews and open ended questionnaires*, Journal of Geoscience Education 53, 17-26 (2005).

[17] Demirci, N., *Misconception patterns from students to teachers: an example for force and motion concepts*, Journal of Science Education 9, 55-59 (2008).

[18] Lehavi, Y., Galilli, I., *The status of Galileo's of free fall and its implications for physics education*, American Journal of Physics 77, 417-423 (2009).

[19] Gonen, S., *A study on student teachers' misconceptions and scientifically acceptable conceptions about mass and gravity*, J. Sci. Educ. Technol. 17, 70-81 (2008).

[20] Tsui, C., Treagust, D., *Evaluating secondary students' scientific reasoning in genetics using a two tier diagnostic*, International Journal of Science Education 32, 1073-1098 (2010).

[21] Viennot, L., *Le raisonnement spontané en dynamique élémentaire*, (Hermann, Paris, 1979).

[22] Beer, F. P., Johnson, E. R., *Dinámica, mecánica vectorial para ingenieros*, 6ª ed. (McGraw Hill, México, 1998).

[23] Halloun, I. and Hestenes, D., *The initial state of college physics students*, American Journal of Physics 53, 1043-1055 (1985).

[24] Bar, V., Brosh, Y., Sneider, C., *Weight, mass and gravity*. Science Educator 24, 1-13 (2015).

[25] Bastián, M., G., Mora, C., Sánchez, G., D., *Obstáculos en la resolución de problemas en alumnos de bajo rendimiento*, Lat. Am. J. Phys. Educ. 4, 677-682 (2010).

APENDICE

CUESTIONARIO

1. ¿Cuál afirmación es correcta sobre la magnitud de la aceleración gravitacional "g" cerca de la superficie terrestre?

- a) Es constante y su valor es 9.80 m/s².
- b) Varía con la posición geográfica.

Lat. Am. J. Phys. Educ. Vol. 14, No. 1, March 2020

- c) Es constante y su valor es 9.81 m/s².

Explica brevemente por favor.

2.- ¿Cuál es la causa de la aceleración gravitacional sobre un objeto?

- a) Es una consecuencia de la fuerza de atracción gravitacional entre el objeto y la Tierra.
- b) Todos los cuerpos tienden a caer hacia abajo.
- c) La aceleración gravitacional la produce el propio cuerpo con su masa.

Explica brevemente por favor.

3. Cuando un objeto se lanza hacia arriba en la superficie terrestre ¿Cuál es la dirección de la fuerza gravitacional?

- a) Depende del movimiento del objeto, si sube, la fuerza apunta hacia arriba.
 - b) Siempre apunta hacia arriba, no depende de que el cuerpo suba o baje.
 - c) La fuerza gravitacional siempre se dirige hacia abajo.
- Explica brevemente por favor

4.- Cuando un objeto cae ¿Cuál es la dirección de la fuerza gravitacional?

- a) La fuerza gravitacional siempre se dirige hacia abajo.
- b) Depende del movimiento del objeto, si baja, la fuerza apunta hacia abajo.
- c) Siempre apunta hacia arriba, no depende de que el cuerpo suba o baje.

Explica brevemente por favor

5.- Cuando un objeto se lanza hacia arriba y alcanza su altura máxima, no tiene velocidad ni hacia arriba ni hacia abajo, en ese momento:

- a) La fuerza gravitacional actúa sobre el objeto hacia abajo.
 - b) En ese instante la fuerza gravitacional no actúa.
 - c) En ese instante no actúa ninguna fuerza sobre el objeto.
- Explica brevemente por favor

6.- En la estación espacial que orbita a la Tierra los astronautas "flotan" porque

- a) No tienen peso y por ello no son atraídos por la Tierra.

- b) Debido a la fuerza gravitacional están en una caída continua y por ello parece que flotan.
- c) La fuerza gravitacional es cero a esa distancia de la Tierra y por ello no tienen peso.

Explica brevemente por favor

7.- ¿Cuál afirmación es correcta para un buzo que asciende dentro del mar?

- a) La fuerza gravitacional no afecta a un buzo dentro del agua.
- b) La fuerza gravitacional es menor que la fuerza de flotación en el buzo.
- c) La fuerza gravitacional no actúa bajo la superficie del mar.

Explica brevemente por favor

8.- Cuál afirmación es correcta para un globo lleno de helio que está ascendiendo?

- a) Sobre él no actúa la fuerza gravitacional.
- b) El gas dentro del globo lo tiende a llevar hacia arriba.
- c) La fuerza de flotación sobre el globo es mayor que la fuerza gravitacional.

Explica brevemente por favor

9.- El peso de un objeto en la superficie terrestre se debe a que:

- a) La masa del propio cuerpo produce el peso.
- b) La fuerza gravitacional entre la Tierra y el objeto.

Teoría intuitiva sobre la atracción gravitacional en el nivel superior

- c) Todos los objetos tienden a caer hacia abajo con una determinada fuerza.

Explica brevemente por favor

10.- De un avión que vuela a 5 km de altura se deja caer un paquete, podemos decir que sobre el paquete:

- a) la fuerza gravitacional es mucho mayor que en la superficie terrestre.
- b) La fuerza gravitacional es mucho menor que en la superficie terrestre.
- c) La fuerza gravitacional es la misma que en la superficie terrestre.

Explica brevemente por favor