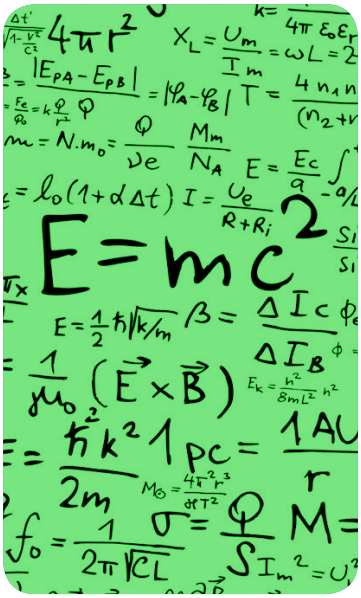
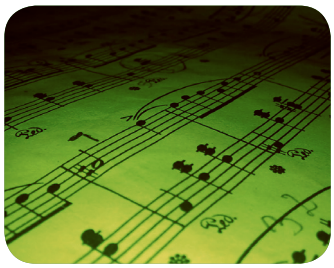




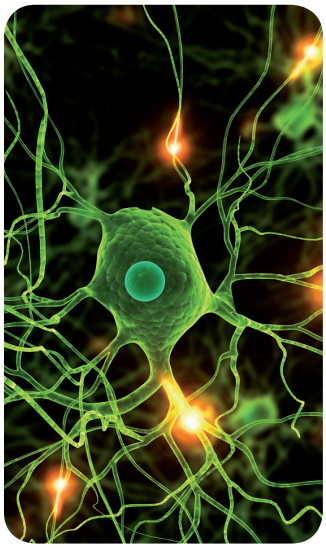
MÁSTERES de la UAM

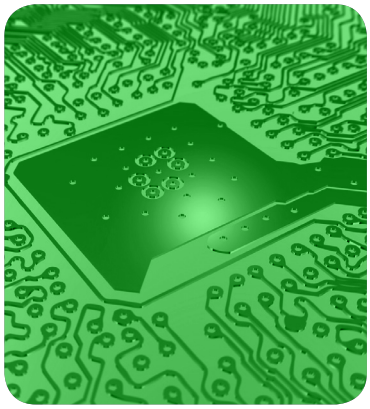
Facultad de Formación de Profesorado y Educación / 15-16

(MESOB)
Especialidad
de Física y Química

UNIVERSIDAD AUTONOMA DE MADRID

excelencia Campus Internacional UAM CSIC





“Ideas previas sobre fuerzas en 3° E.S.O.”

Andrea Sarrión Castelló

UAM EDICIONES

MÁSTER EN FORMACIÓN DE PROFESORADO DE EDUCACIÓN SECUNDARIA OBLIGATORIA Y BACHILLERATO

Especialidad Física y Química

"IDEAS PREVIAS SOBRE FUERZAS EN 3° ESO"

Autora: Andrea Sarrión Castelló

Directora: Engracia Alda de la Fuente

TRABAJO FIN DE MÁSTER

CURSO: 2015/2016

Resumen: Este trabajo trata de reflejar la importancia del conocimiento de las ideas previas sobre fuerzas en el proceso de enseñanza y aprendizaje de los alumnos de 3° ESO. Además, se pretende comprobar si estas ideas pueden ser modificadas a través de la aplicación de diferentes actividades durante la intervención educativa en el aula.

Palabras clave: ideas previas, errores conceptuales, fuerzas, aprendizaje

Abstract: This work attempts to reflect the significance of knowledge of previous ideas regarding the concept of force in the teaching/learning process of 14-15 years old pupils. Additionally, it expects to prove whether these ideas can be modified through the application of different related activities during the educational intervention in the classroom.

Key words: previous ideas, misconceptions, forces, learning

ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN Y MOTIVACIÓN **1**

2. OBJETIVOS **2**

3. CONTEXTO EDUCATIVO **3**

3.1. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA 3

3.2. ANÁLISIS DEL CURRÍCULO 7

3.3. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA DE LIBROS DE TEXTO 9

3.4. AULA DE INTERVENCIÓN 16

4. INNOVACIÓN DOCENTE **17**

4.1. MATERIALES Y MÉTODOS 17

4.2. INTERVENCIÓN 19

4.3. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS 22

5. CONCLUSIONES **49**

6. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS **51**

7. ANEXOS **56**

ANEXO I. PRETEST SOBRE LAS FUERZAS 57

ANEXO II. ACTIVIDADES DE CONCEPTUALIZACIÓN 59

ANEXO III. PRESENTACIÓN DE POWERPOINT DE LAS ACTIVIDADES 74

ANEXO IV. POSTEST SOBRE LAS FUERZAS 80

1. INTRODUCCIÓN Y MOTIVACIÓN

En las últimas décadas, una de las líneas de investigación más estudiadas y que supone una innovación en la enseñanza tradicional de las Ciencias, es el conocimiento de las ideas previas, permitiendo que el proceso de enseñanza-aprendizaje se realice a partir de los alumnos.

Hoy en día, existen numerosos estudios realizados acerca de las ideas previas que tienen los alumnos para intentar interpretar fenómenos naturales y conceptos científicos para entender su entorno, antes y después de recibir educación formal. Son ideas relacionadas con la experiencia cotidiana y las relaciones sociales, normalmente incompatibles con el punto de vista científico, y que tienen, como principal característica, su elevada persistencia aún tras haber recibido enseñanza (Hierrezuelo & Montero, 1988). A medida que van pasando de curso los alumnos, se hace más frecuente el uso de fórmulas para resolver los problemas, a pesar de que poseen graves deficiencias en la interpretación de fenómenos científicos básicos (Sebastià, 1984); deficiencias que muchas veces no se conocen su origen, su influencia en el aprendizaje y su incidencia en los resultados. A la luz de lo expuesto, este tema me motivó para realizar mi investigación sobre la importancia de conocer las ideas previas en el aprendizaje de la Física y la Química.

Debido a que durante mi periodo de prácticas, en el IES Jorge Manrique de Tres Cantos (Madrid), se me asignaron tres clases de 3° ESO en las cuales se empezaba el bloque de Física, concretamente la unidad didáctica de “Las fuerzas y las máquinas”, decidí enfocar mi Trabajo Fin de Máster en las ideas previas sobre el tema de fuerzas.

Durante su etapa de Secundaria, los alumnos estudiaron de forma muy superficial el tema de fuerzas en 2° ESO, por lo que me pareció que podían tener bastante puras las ideas previas acerca del concepto de fuerza y sus relaciones. Además, 3° ESO es el curso en el que se comienzan a asentar las bases fundamentales sobre las cuales se desarrollarán en profundidad los principios de la Mecánica en los cursos siguientes y, sin los cuales, ésta no tendría sentido.

Así pues, en este Trabajo Fin de Máster voy a intentar averiguar las distintas ideas previas que tiene el alumnado sobre un concepto básico como es el de fuerza, muy usado en la vida cotidiana en diversos contextos. En base a esto, se propondrán diversas actividades para discutir sus ideas y encaminarlas hacia una apropiación científica del concepto. Y finalmente, para analizar el grado de persistencia de dichas ideas se llevará a cabo una evaluación de la efectividad de esta estrategia de enseñanza-aprendizaje.

También, se hará una comparación entre los contenidos para este tema entre las dos leyes de educación en vigor, en los distintos niveles de Secundaria hasta llegar al curso de estudio; su tratamiento por parte de diversas editoriales de libros de texto, y reflejando también la atención que muestran en considerar las ideas previas de los alumnos.

2. OBJETIVOS

El objetivo general de este trabajo es estudiar la persistencia de algunas ideas previas sobre el concepto de fuerza y sus relaciones, tras mi intervención educativa.

Los objetivos específicos del presente Trabajo Fin de Máster son:

- Diseñar un instrumento de diagnóstico y evaluación que permita identificar las concepciones previas que tienen los estudiantes con relación al concepto de fuerza.

- Aplicar estrategias didácticas que favorezcan la apropiación de dichos conceptos logrando un aprendizaje significativo.

- Evaluar y comparar los resultados finales estableciendo la efectividad del cambio conceptual.

3. CONTEXTO EDUCATIVO

3.1 FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA

Importancia de las ideas previas en el aprendizaje de las Ciencias

A lo largo de la investigación educativa, se han realizado diversos estudios que afirman la carente efectividad de unos procesos de enseñanza de las Ciencias incapaces de conseguir que conceptos fundamentales sean comprendidos tras una reiterada instrucción formal (Clement, 1982; McDermott, 1997). Estos estudios han ido evidenciando el hecho de que los alumnos, desde su infancia, tratan de explicar fenómenos físicos y químicos desconocidos mediante su propia experiencia o conocimiento, y en un contexto social determinado, para dar sentido al mundo en el que viven. Por ello, antes del comienzo de la educación formal, los estudiantes ya tienen interiorizadas ideas que frecuentemente no son compatibles con el punto de vista científico, denominadas <<ideas previas>> (Hierrezuelo & Montero, 1988).
Sin embargo, existen diversos términos como: "esquemas alternativos", "concepciones alternativas", "representaciones mentales", "ciencia de los niños", "errores conceptuales" o "preconcepciones", entre otras, asociadas a posiciones epistemológicas diferentes pero coincidentes en sus características primordiales (Gilbert & Watts, 1983).

De acuerdo con la teoría constructivista del aprendizaje, las personas no podemos conocer el mundo directamente, sino que lo hacemos a través de ideas que creamos al interaccionar con la realidad, formando así nuestra estructura cognitiva. Como afirman los principales representantes del constructivismo, Piaget y Vygotsky, el conocimiento es construido por cada persona organizando la información ya existente con la nueva. Sin embargo, Piaget manifiesta que el niño forma esquemas que se vuelven más complicados conforme interactúa con la realidad; pero según Vygotsky, el niño construye su conocimiento acerca de la realidad al interaccionar con ella, donde el contexto social y cultural contribuyen en gran medida (González Báez, 2010). Siendo, en este marco constructivista, principalmente Ausubel (Ausubel, Novak, Hanesian & Pinesa, 1976) quien dio relevancia a los conocimientos previos que tienen los niños para lograr un <<aprendizaje significativo>>.

En la actualidad, no se entiende la educación sin tener en cuenta esta última teoría mencionada. Un aprendizaje significativo nos aleja del aprendizaje memorístico tradicional basado en la repetición, permitiendo al alumno tener un papel más activo en la construcción de su conocimiento, y siendo el docente un facilitador (Driver, 1993).

Por ello, las ideas de los alumnos constituyen uno de los objetos de estudio más importantes de la Didáctica de las Ciencias. Es importante conocer las ideas previas sobre las cuales los alumnos construirán sus nuevos conocimientos, porque aunque desde su perspectiva éstas pertenecen a un reflejo de la realidad, desde el punto de vista científico, las ideas pueden ser incorrectas. Por ello, hay que enfocarse en su transformación para conseguir una comprensión de los conceptos científicos y un aprendizaje adecuados; a pesar de la gran dificultad que conlleva, debido a su carácter persistente (García Hourcade & Rodríguez de Avila, 1988).

Origen y características de las ideas previas

La procedencia de las ideas previas hay que buscarla en distintos contextos, relacionados principalmente con las experiencias de la vida diaria y con la actividad escolar. Las causas de estas ideas son atribuibles a: observaciones e interpretaciones de fenómenos cotidianos, a la influencia de la cultura y de los medios de comunicación, a la interferencia del lenguaje científico preciso con el lenguaje cotidiano ambiguo, a la presencia de terminología o esquemas confusos presentes en los libros de texto por no tener en cuenta las posibles ideas previas de los alumnos, o a la posible permanencia de éstas en los docentes (Jiménez Aleixandre & Bautista García-Vera, 1992).
Según Pozo, Sanz, Crespo y Limón (1991), las causas psicológicas se pueden categorizar en tres grupos que establecen tres tipos de concepciones en constante interacción:

- Origen sensorial: *las ideas espontáneas*. Se construyen en el intento de dar significado a los hechos cotidianos, basándose en una búsqueda causal con información proporcionada por procesos sensoriales y perceptivos del mundo natural.

- Origen cultural: *las ideas sociales*. No tienen su origen tanto en la interacción directa del alumno con el mundo sino con el entorno social y cultural, pues el sistema educativo ya no es el único medio de transmisión cultural.

- Origen analógico: *las ideas análogas*. Los alumnos carecen de ideas específicas de algunas áreas de conocimiento. Por ello, para comprender determinadas concepciones, establecen analogías creadas por ellos mismos o a través de la enseñanza. Si la conexión de una concepción con la vida cotidiana es mínima es probable que el alumno no disponga de ideas específicas de ello.

Diversos investigadores han comprobado como alumnos de países y áreas científicas distintas presentan ideas parecidas con características comunes. Según Pozo et al. (1991), las ideas previas:

- Son *estructurales mentales*, con determinada coherencia interna.
- Son ideas *dominadas por la percepción*, creen lo que ven.
- Son *construcciones personales* producidas por la interacción entre el mundo y las personas, y están influidas por experiencias vividas con anterioridad.
- Pueden ser *contradictorias en una misma persona* cuando se aplica a contextos diferentes.
- Tienen un cierto *paralelismo con las ideas mantenidas por diversos científicos* a lo largo de la Historia.
- Son de *carácter implícito* frente al explícito de la ciencia, la mayoría de los alumnos no son conscientes de sus propias ideas.
- Se *centran en estados cambiantes* más que en estados de equilibrio.
- Son *persistentes y resistentes al cambio*, aun después de la enseñanza formal.
- *Interfieren con la instrucción científica*.

Cambio conceptual de las ideas previas

En la enseñanza de la Ciencia hay que entender el aprendizaje significativo no como una simple acumulación de información transmitida, sino como un proceso de cambio conceptual.

El cambio conceptual no debe entenderse como la mera sustitución de una idea errónea de los estudiantes por una concepción científica más aceptable, sino como un proceso largo y gradual que suponga un proceso de evolución, donde el alumno modifica sus ideas mediante la reestructuración e integración de la nueva información, involucrando relaciones entre preconceptos y no de un concepto aislado (Driver, 1986).

En el modelo de cambio conceptual propuesto por Posner, Strike, Hewson y Gertzog (1982), el aprendizaje implica una interacción entre las ideas preexistentes y las nuevas. Las condiciones que se tienen que dar para que exista este cambio es que primero el estudiante haga explícita sus ideas y muestre insatisfacción con ellas; a continuación, presentarle una nueva concepción inteligible, plausible y fructífera que encaje en su estructura cognitiva. Hewson y Thorley (1989) ampliaron el modelo de cambio conceptual de Posner et al. (1982) hablando del <<estatus>> de las ideas. En el momento en el que un alumno considera una idea nueva como inteligible, plausible y útil entrando así en contradicción con su idea preexistente, el estatus de la nueva crece y el de la antigua disminuye; así es como se produce una integración y modificación sustancial de las ideas.

Hay que destacar que ambas teorías tienen en cuenta la ecología conceptual; es decir, las experiencias e interacciones sociales de la persona que van a influir en el cambio. Además, los cambios que se vayan produciendo en la reestructuración de las ideas son el producto de un desequilibrio entre lo existente y lo asimilado o un conflicto cognitivo, y aunque es condición necesaria para que se dé el cambio no es suficiente (Posner et al., 1982).

Aunque se han expuesto dos de las teorías más recurrentes en la historia de la Didáctica de las Ciencias basadas en el intercambio de ideas, existen diversos modelos educativos sobre el cambio conceptual, que en lugar de ello proponen la construcción y ampliación de la nueva información en el entramado teórico existente (Vosniadou, 1994). De todos modos, como afirman Pozo et al. (1991), un cambio conceptual tiene que ir unido a un cambio metodológico y actitudinal, donde se muestre predisposición hacia el aprendizaje.

3.2 ANÁLISIS DEL CURRÍCULO

Para el desarrollo de la intervención educativa es conveniente realizar un estudio exhaustivo del currículo presentado tanto en el Boletín Oficial del Estado (BOE) como en el Boletín Oficial de la Comunidad de Madrid (BOCM). Por lo que, he realizado un análisis cronológico del contenido relacionado con las fuerzas a lo largo de la Secundaria hasta el curso de estudio, 3°ESO, según estos documentos oficiales.

La Ley Orgánica 8/2013, de 9 de diciembre, para la mejora de la calidad educativa (LOMCE) fue implantada en el curso presente, 2015-2016, para los cursos 1° y 3° ESO y 1° de Bachillerato. Paralelamente los cursos 2° y 4° ESO y 2° de Bachillerato han continuado regulados por la Ley Orgánica 2/2006, de 3 de mayo, de Educación (LOE) hasta el curso siguiente, 2016-2017. Por lo tanto, debido a que los alumnos de 3° ESO han cursado los dos primeros cursos de la Secundaria dentro de la LOE, es necesario realizar también una comparativa de ambas leyes en relación con el contenido de fuerzas.

En los cursos de 1° y 2° ESO dentro de la LOE, el contenido relacionado con las Ciencias se encuadraba dentro de la asignatura de Ciencias de la Naturaleza (CCNN); se continuaba con la asignatura de Física y Química (F y Q) y Biología y Geología (B y G) en 3° ESO de forma obligatoria, y se podían volver a escoger dichas asignaturas de forma optativa en los cursos sucesivos de la ESO y Bachillerato. Sin embargo, dentro del marco de la LOMCE, la asignatura de CCNN se ha sustituido en 1° ESO por B y G y en 2° ESO por F y Q, continuando de forma análoga a la LOE en los cursos siguientes. Sin embargo, centrándonos en la asignatura perteneciente a F y Q, podemos ver diversos cambios en el contenido de la materia, y concretamente, en el tema que compete a dicha investigación como son las fuerzas, según las distintas leyes educativas.

Analizando el currículo de las materias de CCNN y F y Q, podemos destacar que en la ley de educación anterior (LOE), ni en 1° ESO en CCNN ni en 3° ESO en F y Q se estudiaban contenidos relacionados con el tema de fuerzas. Sin embargo, a diferencia del BOE, el BOCM establecía dentro del "Bloque 2. Materia y energía" de la asignatura de 2° ESO de CCNN un apartado de contenidos destinado a "Las fuerzas y sus aplicaciones" (Decreto 23/2007, de 10

de mayo). De este modo, los alumnos pasaban de 2° a 4° ESO sin haber vuelto a tener contacto directo con la rama de la Física perteneciente a la Dinámica; además, aquellos alumnos que no escogían F y Q en 4° ESO, como optativa, no volvían a tenerlo.

La implantación de la LOMCE ha supuesto que tanto en 2° como en 3° ESO, en F y Q, se estudie el tema de Dinámica, como establecen el BOE (RDL 1105/2014, de 26 de diciembre) y BOCM (Decreto 48/2015, de 14 de mayo):

"En el primer ciclo, el concepto de fuerza se introduce empíricamente, a través de la observación, y el movimiento se deduce por su relación con la presencia o ausencia de fuerzas. En el segundo ciclo, el estudio de la Física, organizado atendiendo a los mismos bloques anteriores, introduce sin embargo de forma progresiva la estructura formal de esta materia" (p. 257 & p. 43).

El tema de fuerzas en ambas leyes; hasta 4° ESO se ve de una forma más cualitativa que cuantitativa; ya en 4° ESO se comienza a estudiar las leyes de la Dinámica o las leyes de Newton de forma más numérica. Los contenidos son muy similares en ambas leyes; sin embargo, una diferencia bastante notoria entre ambas, es que el temario relacionado con las fuerzas consistía en un apartado dentro del "Bloque 2. Materia y energía" en 2° ESO con la LOE, mientras que Cinemática y Dinámica constituyen un bloque entero de contenidos denominado "Bloque 4. El movimiento y las fuerzas" para 2° y 3° ESO con la LOMCE. Como se puede observar, se le da mucha más importancia a este tema en la nueva ley de educación; indicando que es importante que los alumnos comprendan los conocimientos básicos de la Dinámica, puesto que hay alumnos que en los años académicos sucesivos no decidirán cursar materias de Ciencias, y 3° ESO sea su último año en contacto con dichas asignaturas. O que en cambio, decidan continuar de forma optativa la asignatura de Física y Química, en 4° ESO y 1° de Bachillerato, con el estudio de las fuerzas correspondientes al "Bloque 4. El movimiento y las fuerzas" y al "Bloque 7. Dinámica", respectivamente. Finalizando, en 2° de Bachillerato, con la asignatura de Física, estudiando temas relacionados, viéndose en el "Bloque 2. Interacción gravitatoria" o en el "Bloque 3. Interacción electromagnética".

Tabla 1. *Comparativa LOE vs LOMCE en relación al contenido de fuerzas establecido en el currículo de Secundaria especificado en el BOE y BOCM.*

LOE		LOMCE	
1º ESO CCNN	----------	**1º ESO CCNN**	----------
2º ESO CCNN	**Bloque 2. Materia y energía:** Las fuerzas y sus aplicaciones. - Las fuerzas como causa del movimiento, los equilibrios y las deformaciones (ecuación y unidades en el S.I.) - Masa y peso de los cuerpos. Atracción gravitatoria. - Estudio cualitativo del Principio de Arquímedes. Aplicaciones sencillas.	**2º y 3º ESO F y Q**	**Bloque 4. El movimiento y las fuerzas:** 1. Las fuerzas. - Efectos - Velocidad media, velocidad instantánea y aceleración 2. Las fuerzas de la naturaleza
3º ESO F y Q	----------		
4º ESO F y Q	**Bloque 2. Fuerzas y movimiento:** Las fuerzas y el equilibrio. - Las fuerzas y sus efectos estáticos. - Composición y descomposición de fuerzas. - Equilibrio de fuerzas. - Fuerzas en los fluidos. Concepto de presión. Presiones hidrostática y atmosférica. Aplicaciones. - El principio de Pascal y la multiplicación de la fuerza. - El principio de Arquímedes y la flotación de barcos y globos. Tensión superficial. Las fuerzas y el movimiento. - Las leyes de la Dinámica y la superación de la física del sentido común. - Tratamiento cualitativo de la fuerza de rozamiento. - La ley de la Gravitación universal y la culminación de la primera de las revoluciones científicas. El peso de los cuerpos y su caída. El movimiento de planetas y satélites.	**4º ESO F y Q**	**Bloque 4. El movimiento y las fuerzas:** - El movimiento. - Movimientos rectilíneo uniforme, rectilíneo uniformemente acelerado y circular uniforme. - Naturaleza vectorial de las fuerzas. - Leyes de Newton. - Fuerzas de especial interés: peso, normal, rozamiento, centrípeta. - Ley de la gravitación universal. - Presión. - Principios de la hidrostática. - Física de la atmósfera.

3.3 REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA DE LIBROS DE TEXTO

He hecho un análisis de los contenidos sobre fuerzas en los libros de texto de Secundaria, en cuatro editoriales distintas, hasta el curso de mi intervención, 3° ESO. Las editoriales que he escogido han sido Anaya, Edebé, Bruño y Santillana, estando los libros analizados escritos en castellano menos los de la editorial Santillana redactados en inglés (1° y 2° ESO), debido a ser los libros utilizados por los alumnos de estudio que cursaron CCNN en inglés.

1° ESO CIENCIAS DE LA NATURALEZA

De acuerdo con el currículo de Ciencias para 1° ESO, no existe ningún contenido como tal relacionado con el tema de fuerzas.

2° ESO CIENCIAS DE LA NATURALEZA

Como ya se ha comentado previamente, hasta el curso 2016-2017 no se implantará la asignatura de F y Q dentro del marco de la LOMCE en 2° ESO, así pues, los libros analizados pertenecen a la asignatura de CCNN estando regulados por la LOE.

ANAYA (Zubiaurre Cortés, Hernández Gómez, Martínez Casillas, Osuna Alcalaya & Plaza Escribano, 2012):

La unidad didáctica destinada a las fuerzas se encuentra dentro del tema 9: "Fuerzas y movimiento", dedicando cuatro apartados al movimiento y tres a las fuerzas, tratando principalmente las fuerzas y sus efectos, atracción gravitatoria y el principio de Arquímedes. En la portada del tema se comienza realizando una breve introducción sobre los antiguos filósofos y el movimiento, y algunas preguntas iniciales sobre la relación de fuerza y movimiento, lo que es interesante para contextualizar a los alumnos y conocer sus ideas previas. Explica el significado de fuerza y su carácter vectorial, así como los tipos y efectos de las fuerzas, introduciendo la segunda ley de Newton de forma no muy detallada. Destacar que aunque menciona que cuando un cuerpo ejerce una fuerza sobre otro existe interacción no incide mucho en esta idea previa. Se sigue desarrollando la unidad hablando de la interacción gravitatoria y estableciendo claramente la diferencia entre el peso y la masa hablando de su confusión en la vida diaria. Además, incluye información extra sobre el peso en la Luna y desarrolla una explicación detallada del principio de Arquímedes hablando de los factores de los que depende el empuje, del peso aparente y de la flotabilidad de los cuerpos. Un aspecto positivo es que dispone de muchas actividades de tipo cualitativo más que cuantitativo, algunas de las cuales inciden en las preconcepciones que tienen los alumnos sobre fuerzas.

EDEBÉ (Merino Cuadau et al., 2011):

La unidad dedicada a las fuerzas corresponde al primer tema: "Movimiento y fuerzas", el cual dedica cuatro apartados al movimiento y dos a las fuerzas, tratando principalmente elementos y unidades de fuerza, cálculo de fuerzas, masa y aceleración y fuerza gravitatoria. La portada del tema y las preguntas iniciales no proporcionan información interesante. Comienza tratando el concepto de fuerza y su carácter vectorial, incidiendo en que para que se produzca una fuerza deben existir dos cuerpos, sin embargo, no habla de los tipos de fuerza, y los efectos los comenta de forma superficial sin hacer distinción en ninguna clasificación. A diferencia del libro de la editorial Anaya, ésta incide más en aspectos cuantitativos puesto que introduce el cálculo de fuerzas del mismo sentido, sentido

contrario y fuerzas perpendiculares. Además, destina un apartado entero a hablar de la primera y segunda ley de Newton. Finalmente, aunque habla de la fuerza gravitatoria, no considera de gran importancia la diferencia peso y masa, puesto que es explicada de forma escasa en un cuadro pequeño de recordar. Sin embargo, destina un apartado entero para hablar extensamente de la presión y de forma no muy detallada sobre el principio de Arquímedes. Las actividades destinadas a debatir sobre las ideas previas arraigadas en los alumnos son escasas, no cuenta con apoyo visual que sirva de mucha ayuda o con actividades resueltas, aunque proporciona curiosidades científicas al final del tema.

BRUÑO (Panadero Cuartero et al., 2008):

La unidad correspondiente a las fuerzas se encuentra dentro del último tema, tema 13: "La física y la química en nuestras vidas", el cual dedica cinco apartados al movimiento y cinco a las fuerzas. Es el libro que trata el tema de las fuerzas de forma más extensa puesto que habla del concepto de fuerza y su carácter vectorial, aunque no incide en la interacción de cuerpos, sigue con el cálculo de fuerzas y equilibrio de éstas, efectos (ley de Hooke), primera y segunda ley de Newton, la resistencia al movimiento, la atracción gravitatoria y el principio de Arquímedes de forma muy detallada. Es el libro que mejor establece la diferencia de peso y masa puesto que refleja expresiones coloquiales contando con temas adicionales como la diferencia de gravedad en los polos. Además, proporciona bastantes actividades de pensar y aunque presenta alguna actividad de identificar ideas previas, son escasas. Destacar que el contenido científico se va complementando con el histórico hablando de los experimentos de Newton, Galileo y Aristóteles.

SANTILLANA (Blanco et al., 2008):

Es el libro de texto que se utilizó en el centro durante mi intervención educativa. No trata ningún apartado sobre Dinámica o Cinemática, si no que se centra principalmente en desarrollar como contenido de Física el tema de energía, calor y temperatura, y luz y sonido.
Sin embargo, conversando con algunos profesores que impartieron la asignatura pertenecientes al Departamento de Biología, se pudo comprobar que se les proporcionaron apuntes a los alumnos sobre el tema de fuerzas, siendo principalmente conceptos básicos

sobre sus efectos, la diferencia de masa y peso, y el principio de Arquímedes, viéndose todo ello de forma cualitativa y muy superficial.

Tabla 2. *Comparativa de libros de texto de 2° ESO de distintas editoriales.*

	ANAYA	**EDEBÉ**	**BRUÑO**	**SANTILLANA**
En el libro se trata la cinemática antes que la Dinámica	SI	SI	SI	---
Presenta preguntas iniciales interesantes sobre ideas previas relacionadas con las fuerzas	SI	NO	NO	NO
Indica el concepto de fuerza incidiendo en la interacción de dos cuerpos	NO	SI	NO	NO
Indica los efectos de las fuerzas	SI	SI	SI	NO
Indica los tipos de fuerza (contacto y distancia)	SI	NO	NO	NO
Hace alusión a las tres leyes de Newton	SI (2°)	SI (1° y 2 °)	SI (1° y 2 °)	NO
Explica el cálculo de fuerzas	NO	SI	SI	NO
Explica el equilibrio de fuerzas	NO	NO	SI	NO
Analiza de forma detallada las fuerzas que actúan en situaciones cotidianas (peso, normal, tensión y rozamiento)	NO	NO	NO	NO
Establece claramente la diferencia entre masa y peso	SI	NO	SI	NO
Analiza el principio de Arquímedes con ejemplos corrientes	SI	SI	SI	NO
Se relacionan los conceptos físicos con el contexto histórico	SI	NO	SI	NO
Propone diversidad de actividades para detectar las ideas previas relacionadas con las fuerzas	SI	NO	NO	NO

3° ESO FÍSICA Y QUÍMICA

De acuerdo con el currículo de 3° ESO regulado por la LOE, el tema de fuerzas no era tratado en dicho curso. Sin embargo, con la implantación de la nueva ley de educación en el actual curso 2015-2016, se ha introducido el tema en los libros de texto. Por ello, vamos a analizar los libros de texto de las cuatro editoriales regulados por la LOMCE.

ANAYA (Vilchez González, Morales Cas & Zubiaurre Cortés, 2015):

La unidad didáctica destinada a las fuerzas se encuentra dentro del tema 6: "Fuerzas en la naturaleza", donde comienza con el estudio de las fuerzas y sus efectos, pasa al estudio del movimiento y continúa con las fuerzas, dedicando más contenido a éstas. Un aspecto llamativo es que al comenzar el tema tiene un apartado que se llama "Antes de empezar", que son preguntas para pensar en grupo y discutir de forma consensuada por toda la clase. Estas preguntas hacen referencia a elaborar un concepto de fuerza y realizar frases donde intervenga dicha palabra, sobre si es necesario tocar un cuerpo sobre el que se quiere ejercer fuerza, diferencia masa y peso o incluso sobre el movimiento de un cuerpo sin que intervengan fuerza, lo que es muy interesante porque claramente tiene el objetivo de detectar ideas previas. Es el primer libro que expresa claramente la confusión del concepto fuerza desde la cotidianidad y desde la ciencia con diversos ejemplos. Continúa con los efectos de las fuerzas de forma general y explica la composición de fuerzas, pero no el equilibrio de éstas. A continuación, sigue con el estudio del movimiento y tras terminar se centra en la ley de Hooke y el estudio de las máquinas simples.

Explica las fuerzas a distancia que se encuentran en la naturaleza y las de contacto, aunque no habla de la fuerza normal o la fuerza tensión. Se centra en la fuerza de rozamiento donde plantea actividades de pensar y en el peso donde habla de Galileo, Copérnico y Newton, proponiendo actividades de analizar frases cotidianas sobre el peso y la masa.

Resaltar que dicho libro da bastante importancia a intentar detectar las ideas previas y modificar aquellas que sean erróneas, ya que la mayoría de actividades son de comprender, pensar e investigar para entender realmente el concepto de fuerza.

EDEBÉ (Alonso Polvorosa & Simón Alonso, 2015):

Este libro destina un bloque al movimiento y las fuerzas compuesto por tres temas: el tema 7: "El movimiento", tema 8: "Las fuerzas y las máquinas", y tema 9: "Las fuerzas en la naturaleza". A diferencia del libro de la editorial Anaya, no expone preguntas iniciales interesantes que puedan detectar ideas previas y explica el concepto de fuerza sin hacer mención a la confusión con la cotidianidad ni a la no posesión de fuerza. Simplemente, expone su definición y continúa con la composición de fuerzas y equilibrio, después sigue

con los efectos de las fuerzas centrándose en la deformación (ley de Hooke). Destacar que a diferencia de libro de la editorial Anaya, dicho libro expone de forma detallada la alteración del estado de movimiento introduciendo las tres leyes de Newton. En este apartado si que se propone alguna actividad como la del plano inclinado de Galileo para analizar las fuerzas que actuarían sobre un objeto deslizándose sobre él. Explica de forma muy extensa y numérica el funcionamiento de las máquinas simples centrándose en el tema siguiente en la fuerza gravitatoria, rozamiento, eléctrica y magnética, donde se explican de forma extensa.

BRUÑO (Jiménez Prieto & Torres Verdugo, 2015):

La unidad correspondiente a las fuerzas se encuentra en el tema 7: "Las fuerzas y sus efectos. Movimientos rectilíneos", el cual dedica dos apartados a las fuerzas y tres al movimiento. Este libro no trata de forma muy extensa las fuerzas y no introduce preguntas iniciales para comprobar los conocimientos previos. Destacar que aunque no hace alusión a la confusión cotidiana y física del concepto de fuerza si que nombra que los cuerpos no poseen fuerza y que deben existir dos cuerpos para que haya interacción. Habla de forma muy breve de los efectos de las fuerzas y de su clasificación. Explicando escuetamente la atracción gravitatoria sin incidir en la diferencia masa y peso, conceptos que son importantes recordar. Sigue con la composición y equilibrio de fuerzas, y al final del tema en un anexo habla de la fuerza de rozamiento, sin hablar de las máquinas simples como establece el currículo. Es un tema bastante escueto en cuanto a contenido de fuerzas y no se puede observar riqueza en las actividades. Sin embargo, aunque es verdad que el libro de 2° ESO era bastante extenso, se debería repartir de forma más equitativa el contenido entre los dos cursos.

SANTILLANA (Vidal Fernández, Sánchez Gómez & de Luis García, 2015):

La unidad correspondiente a las fuerzas es el tema 6: "Las fuerzas y las máquinas", tema previo al del movimiento. Destacar que este libro fue utilizado por los alumnos de 3° ESO de la investigación y usado para el desarrollo de la intervención educativa. El tema comienza con preguntas iniciales pero que a diferencia del libro de Anaya no aportan información interesante. Empieza hablando del concepto de fuerza aunque no alude a que deba existir

interacción o que los cuerpos no posean fuerza, por lo que se queda bastante escasa aunque explique los tipos y efectos de éstas. Continúa con las fuerzas y las deformaciones (ley de Hooke), con la composición de fuerzas y equilibrio de éstas de forma detallada. A diferencia de las editoriales anteriores, realiza un análisis de los varios tipos de fuerza que existen como son el peso (aludiendo a la diferencia peso-masa), el empuje, la tensión, la fuerza normal y el rozamiento, proponiendo diversos ejemplos de la representación de dichas fuerzas. Es un aspecto muy positivo ya que permite a los alumnos relacionarse con las fuerzas que actúan en su cotidianidad; sin embargo, se ha echado en falta un apartado destinado a las fuerzas y la alteración del movimiento permitiendo analizar las fuerzas que actúan sobre un cuerpo en movimiento y las ideas previas relacionadas, siendo la editorial Edebé la única en realizarlo. En general, el libro no propone actividades para determinar ideas erróneas por lo que le falta riqueza a los ejercicios desde este punto de vista.

Tabla 3. *Comparativa de libros de texto de 3° ESO de distintas editoriales.*

	ANAYA	**EDEBÉ**	**BRUÑO**	**SANTILLANA**
En el libro se trata la cinemática antes que la Dinámica	SI/NO	SI	NO	NO
Presenta preguntas iniciales interesantes sobre ideas previas relacionadas con las fuerzas	SI	NO	NO	NO
Indica el concepto de fuerza incidiendo en la interacción de dos cuerpos	SI	NO	SI	NO
Explica de forma detallada la deformación de los cuerpos (ley de Hooke)	SI	SI	NO	SI
Explica de forma detallada la alteración del movimiento (ley de Inercia)	NO	SI	NO	NO
Hace alusión a las tres leyes de Newton	NO	SI	NO	NO
Indica los tipos de fuerza (contacto y distancia)	SI	SI	SI	SI
Explica el cálculo de fuerzas	SI	SI	SI	SI
Explica el equilibrio de fuerzas	NO	SI	SI	SI
Analiza de forma detallada las fuerzas que actúan en situaciones cotidianas (peso, normal, tensión y rozamiento)	NO	NO	NO	SI
Establece claramente la diferencia entre masa y peso	SI	SI	NO	SI
Relaciona las fuerzas con las máquinas simples	SI	SI	NO	SI
Se relacionan los conceptos físicos con el contexto histórico	SI	SI	NO	NO
Propone diversidad de actividades para detectar las ideas previas relacionadas con las fuerzas	SI	NO	NO	NO

Para los libros de texto analizados más en detalle de 2° y 3° ESO, se ha podido observar como dependiendo de la editorial, la unidad que trata sobre fuerzas se puede encontrar en los primeros temas del libro o en los últimos y antes o después de cinemática, pues las fuerzas no se pueden entender completamente sin nociones básicas de movimiento y, a la inversa. Ambos son temas diferentes pero que se complementan para su entera comprensión.

Las principales diferencias entre estos libros son que tanto las leyes de Newton como el principio de Arquímedes se darán ahora en 4° ESO con la LOMCE, por eso no se incluyen en los libros analizados de 3° ESO. En cuanto al contenido, se puede ver como puede ser más amplio o más escueto; sin embargo, en general, se deberían proponer más actividades que permitieran analizar todas las fuerzas que actúan en situaciones cotidianas, así como de relacionar más la ciencia con su contexto histórico. Y en cuanto a las actividades cualitativas para intentar modificar los errores conceptuales de los alumnos han sido inexistentes o escasas. Sin embargo, hemos comprobado como de estas editoriales, Anaya es la que más se centra en proponer actividades para detectarlos.

Ante la revisión bibliográfica que he realizado sobre estas cuatro editoriales, bastante utilizadas en el ámbito de la Secundaria, me gustaría remarcar que tal y como se trata el tema de fuerzas y concretamente el tema de las ideas previas, si yo fuera tutora de un grupo y tuviera la capacidad de poder decidir que libro de texto seguir, elegiría uno en el que se tratase dicho tema de forma similar al que presenta la editorial Anaya.

3.4 AULA DE INTERVENCIÓN

La intervención docente y el desarrollo de la unidad didáctica sobre “Las fuerzas y las máquinas” durante el periodo de prácticas, fue llevado a cabo en tres clases de 3° ESO del instituto IES Jorge Manrique de Tres Cantos (Madrid).

Sin embargo, la intervención fue muy distinta con cada una de las clases. Debido a la complejidad para desarrollar mi intervención con normalidad en los grupos B y C, clases con alumnos que no admitían reglas, no respetaban turnos de palabra, les costaba mantener la

compostura y que eran difíciles de controlar desde el punto de vista de mi tutora del centro, me voy a centrar en el grupo A a la hora de exponer lo que supuso las ideas previas en el aprendizaje de las fuerzas.

El grupo A, estaba formado por 23 alumnos (13 chicos y 10 chicas), pertenecientes a la Sección de Bilingüismo, donde se les impartía un total de 16 h en Inglés, teniendo Física y Química en castellano, y como optativa Francés. Pertenecían a una población de clase media-alta y homogénea desde el punto de vista cultural. Todos los alumnos que han participado en el estudio tenían las características típicas de un alumno de 14-15 años, sin que ninguno necesitara apoyo educativo especial. El buen ambiente en la clase y el interés generalizado por aprender hicieron que la intervención siguiera un ritmo llevadero y normal, siendo el clima en el aula un factor determinante para lograr un cambio conceptual.

4. INNOVACIÓN DOCENTE

4.1 MATERIALES Y MÉTODOS

Aplicación y diseño de los instrumentos de investigación

Con el objetivo de identificar las ideas previas relacionadas con el concepto de fuerza se realizó un cuestionario inicial (pretest, Anexo I) dos semanas antes de mi intervención educativa.

A lo largo de la unidad didáctica desarrollada en las prácticas sobre "Las fuerzas y las máquinas" se usaron diferentes actividades para asentar las ideas previas buenas e intentar modificar las erróneas (Anexo II y III).

Y al finalizar dicha intervención, se realizó un cuestionario final (postest, Anexo IV) para comprobar la efectividad del cambio conceptual, el cual se realizó una semana después de terminar mi última intervención, y sin previo aviso, pretendiendo comprobar si los conceptos fundamentales y puramente cualitativos habían sido comprendidos e interiorizados por los alumnos.

Ambos tests tuvieron una duración de 20 minutos y los alumnos fueron informados del carácter anónimo y de los fines del mismo.

Ambos instrumentos fueron diseñados tras realizar una búsqueda bibliográfica de las ideas previas más comunes de los adolescentes arraigadas al concepto de fuerza. (Driver, Guesne & Tiberghien, 1989; Driver, Squires, Rushworth & Wood-Robinson, 1999; Hierrezuelo & Montero, 1988; Mora & Herrera, 2009).
Y debido a que el postest, pretendía comprobar la evolución de las preconcepciones trabajadas en clase, ambos tests recogían la misma información pero preguntada de forma diferente.

Los tests constaban de 4 preguntas:

- Primera: basada en definir el concepto fuerza y describir dos ejemplos en función de esa idea. En un estudio realizado a alumnos de nueve años, se les planteó la siguiente pregunta "¿Cuándo decimos <<fuerza>>?", obteniendo como resultado una multitud de frases que permitieron comprobar la gran variedad de utilizaciones significativas que tenía la palabra fuerza (Arcà, Guidoni & Mazzoli, 1990). A pesar de que los alumnos de 9 años se encuentran en el estadio de las operaciones concretas y los de 14 años en el de las operaciones formales (Jean, 1981), las ideas previas son persistentes a lo largo de los años. Por lo que, me pareció una pregunta que podía aportar bastante información y relación de significados, siendo incluida en ambos cuestionarios sin modificaciones.
- Segunda: se trata de justificar la veracidad o falsedad de cuatro oraciones relacionadas con el concepto de fuerza y su asociación al movimiento y a la gravedad. En ambos cuestionarios las preguntas analizan los mismos elementos aunque presentan distinto enunciado.
- Tercera: pregunta de múltiple opción con una respuesta correcta, varias que pueden corresponder al sentido común y alguna más improbable. Tanto la pregunta del cuestionario inicial como del final fueron redactadas basándome en un cuestionario reportado previamente para alumnos también de 14 años sobre la asociación de fuerza y movimiento (Watts & Zylbersztajn, 1981).

- Cuarta: cuestión de triple opción con una respuesta correcta asociada principalmente a la fuerza y la energía o al cambio de configuración del sistema. La pregunta del cuestionario inicial fue realizada basándome en el cuestionario comentado en la pregunta anterior (Watts & Zylbersztajn, 1981), y la del cuestionario final fue elaborada buscando similitud con la pregunta del pretest.

A continuación, se presenta la relación detallada entre las preguntas de los cuestionarios y los conceptos o elementos que se pretende evaluar, los cuales se han tenido en cuenta para la elaboración de los mismos (Tabla 4).

Tabla 4. *Conceptos y relaciones a evaluar mediante la investigación.*

IDEAS CIENTÍFICAS A EVALUAR	PREGUNTAS
Concepto de fuerza: las fuerzas como interacción no como posesión.	1, 2b
Concepto de fuerza: las fuerzas no solo están relacionadas con los seres vivos y no están con el esfuerzo físico.	1, 2a, 2b
Concepto de fuerza: confusión con conceptos físicos relacionados como presión, energía, potencia, movimiento, resistencia…	1
Fuerza y tipos: las fuerzas también actúan a distancia y sostener también implica una fuerza de contacto.	1, 2a
Fuerza y movimiento: sobre un cuerpo en reposo hay fuerzas que actúan sobre él.	2a
Fuerza y movimiento: no siempre que un cuerpo se mueve hay una fuerza que actúa sobre él en la dirección y sentido del movimiento.	3a
Fuerza y gravedad: la gravedad actúa siempre y no sólo cuando los objetos caen o en presencia de aire.	2a,2d, 3b, 4
Fuerza y gravedad: conocer la relación entre peso y gravedad, la gravedad no sólo actúa en el espacio exterior.	2a, 2c, 2d, 3b, 4
Fuerza y gravedad: el peso como fuerza y la masa como propiedad intrínseca de los cuerpos, son conceptualmente diferentes.	2c, 4
Fuerza y energía: confusión entre energía potencial y fuerza, son conceptos físicos distintos.	4
Fuerza y configuración del sistema: dificultades para aceptar que situaciones asimétricas representan situaciones de equilibrio.	4

4.2 INTERVENCIÓN

Mi intervención educativa se llevó a cabo durante las 9 sesiones en las que desarrollé mi unidad didáctica (UD) correspondiente al "Bloque 4. El movimiento y las fuerzas", de la asignatura de Física y Química (RDL 1105/2014 de 26 de diciembre". Siguiendo el currículo y

el libro de texto de la editorial Santillana utilizado durante el presente curso académico por los alumnos del IES en 3° ESO, he tratado los siguientes contenidos: concepto de fuerza y efectos, tipos de fuerza, cómo medir fuerzas, las fuerzas y las deformaciones, ley de Hooke, acción de varias fuerzas, cuerpos en equilibrio y fuerzas como el peso, el empuje, la tensión, la normal y el rozamiento, y las fuerzas y las máquinas.

Quiero destacar que el libro no incluía un apartado dentro de este tema destinado a detallar las fuerzas como causa en los cambios en el estado de movimiento de los cuerpos, y que debido a su importancia tanto para la comprensión de la siguiente UD ("El movimiento") como para el aprendizaje de la Dinámica del curso siguiente, expliqué este contenido a los alumnos de forma adicional.

En función al contenido que tenía que desarrollar a lo largo de la UD, inicié una búsqueda bibliográfica sobre las ideas previas más comunes que tenían los alumnos sobre fuerzas y que guardaban relación con la unidad, para poder así elaborar el pretest e integrar varias actividades de aprendizaje focalizadas a intentar modificar las ideas erróneas sobre fuerzas, a lo largo de las clases que iba a impartir.

De este modo, las estrategias seguidas fueron:

1. Explicación sencilla sobre que es una idea previa, características y origen para que sean conscientes de que pueden tener ideas sobre fenómenos naturales que no se corresponden con el punto de vista científico y que es en lo que trabajaremos, y que entendiesen de forma superficial como funciona nuestra estructura cognitiva, introduciendo así el metaconocimiento; pensando, no solo en las ideas sobre esos fenómenos, si no en sus propias ideas.

2. Actividades de conceptualización o conflicto (Anexo II y III): preguntas orales a todo el grupo que presentan una situación problemática que permite que los alumnos hagan explicitas sus ideas para que sean conscientes de ideas que no se habían encontrado o preguntado antes, permitiendo escuchar los razonamientos de sus compañeros. A diferencia de las enseñanzas habituales, las opiniones de los alumnos tienen un papel importante en el

aprendizaje y deben ser igual de importantes que las del profesor. A continuación, se discute y se justifica el status de esas ideas para llegar a un punto en que los estudiantes las encuentren insuficientes de donde surgirá la necesidad de buscar una explicación que sea inteligible, plausible y útil (Hewson & Beeth, 1995). Así, el profesor (en este caso yo) actúa como hilo conductor para acercarles a la explicación científica con razonamientos, uso de analogías, relaciones históricas, curiosidades o algún video. Siendo muy importante extrapolar las nuevas ideas supuestamente adquiridas a distintos contextos, preferentemente cotidianos, con diversas actividades.

En las sesiones 1, (el concepto de fuerza y efectos), sesión 5 (la fuerza peso y el empuje), y la sesión 7 (la fuerza y el movimiento y las máquinas), son en las que más tiempo se dedicó a realizar actividades de conceptualización sobre el concepto de fuerza (55 min), relación con la gravedad (40 min) y con el movimiento (30 min), respectivamente.

Encontré dos dificultades. La primera es que en todas estas actividades se requería de una participación activa de la clase, y los alumnos no me conocían, ni tenían confianza en mí, principalmente en la primera sesión. Sin embargo, aunque al principio les costó, poco a poco, fueron mostrándose más receptivos y participativos cogiendo confianza a lo largo de las clases. La segunda es que este tipo de actividades requieren una inversión de mucho tiempo dedicado en clase y que por necesidad de tener que cubrir el temario no se extendieron más, como me hubiese gustado.

3. Otras actividades: a lo largo de la unidad se realizaron también actividades de introducción-motivación, actividades prácticas y actividades de desarrollo y cálculo. A pesar de que estas actividades no estaban enfocadas en producir conflictos cognitivos tenían el objetivo de acercarles las fuerzas a la vida cotidiana, que no las vieran como elementos abstractos de la Física. Además, siempre que se realizaba una actividad de este tipo, se les incidía en que realizaran un análisis de las fuerzas que actuarán y una explicación detallada de la solución. Por otro lado, yo intentaba conectar este tipo de actividades con las ideas previas para ir reforzándoles y hacerles recordatorios todas las clases.

4.3 ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS

Para poder obtener una buena información con los resultados de cada pregunta, primero realizo un análisis de las respuestas obtenidas en el pretest; luego, analizo las respuestas de los estudiantes en el postest, y, finalmente, hago la comparación de ambos resultados.

En ambos casos, como he relatado en el Apartado 4.1, los tests están formados por cuatro preguntas enunciadas de diferente manera, pero con el fin de obtener información de los mismos conceptos.

Las preguntas son abiertas y semi-abiertas, ya que pretendía obtener una mayor riqueza de detalle en las respuestas. Sin embargo, debida a esta complejidad para realizar el análisis de las contestaciones de las distintas preguntas, he agrupado los resultados en diferentes categorías (4 ó 5 categorías).

Destacar que la intervención educativa la hice en el aula de 3° ESO A en la que hay 23 alumnos; de los cuales 22 estudiantes completaron el pretest mientras que el postest lo hizo la totalidad de la clase. No obstante, todos los resultados están dados en porcentaje.

4.3.1 PRIMERA PREGUNTA:

1. Explica el concepto de fuerza y describe dos situaciones diferentes en relación con tu idea de fuerza.

La palabra <<fuerza>> tiene muchas connotaciones para los adolescentes, como sucede en el habla cotidiana, mediante esta cuestión se pretendía conocer el preconcepto <<fuerza>> de los alumnos. Debido a su importancia, como ya se ha comentado en el Apartado 4.1, la pregunta realizada fue la misma en ambos tests.

- **PRETEST:**

Categoría 1	Categoría 2	Categoría 3	Categoría 4	Categoría 5
Realiza una descripción de fuerza en base a los efectos de éstas.	Realiza una descripción de fuerza como presión, energía o potencia.	Realiza una descripción de fuerza como fuerza física, esfuerzo, resistencia o movimiento.	Realiza una descripción de fuerza con otros términos.	No responde.
5 alumnos (23%)	6 alumnos (27%)	6 alumnos (27%)	2 alumnos (9%)	3 alumnos (14%)

De los estudiantes que respondieron el cuestionario, el 23% tenía la visión de fuerza de los físicos como algo que actúa para causar un cambio en el movimiento (categoría 1). Sin embargo, los alumnos tendían a hablar más de que las fuerzas mueven las cosas más que de las paran, de ahí que luego asocien incorrectamente movimiento y fuerza, afirmando que si hay movimiento siempre hay una fuerza que actúa o que no puede haber una fuerza sin movimiento. Además, no aluden al efecto estático o deformación de los cuerpos.

Un 27% de los alumnos (categoría 2) consideran la fuerza como sinónimo de otras entidades físicas como, en este caso, fue la presión, lo que sólo sirve para complicar las cosas puesto que, aunque están relacionadas, conceptualmente son dos magnitudes distintas.

Otro 27% de los alumnos (categoría 3) desarrollaron la noción de fuerza que tenían a partir de sensaciones relacionadas con el esfuerzo físico, la fuerza física o la resistencia que ejercen los objetos, indicando que consideran fuerza como una propiedad característica de los cuerpos.

Y un 9% de los alumnos (categoría 4) relacionó el término fuerza con otros términos científicos como fueron las ondas y la cantidad de Newtons, respectivamente. Destacar que otro alumno de los que lo relacionó con la fuerza física indicó que existen otros tipos de fuerza como la fuerza psicológica.

Así pues, podemos comprobar como el término es muy conocido por los alumnos, pero con significados que no se corresponden, la mayoría de ocasiones, con el punto de vista de las ciencias físicas.

En cuanto a algunos de los ejemplos sobre situaciones diferentes en relación con la idea que tenían de fuerza mencionaron verbos que implican fuerzas a contacto como: empujar (22%), mover (16%), lanzar (9%), estirar (6%) o romper (3%). Sin embargo, no se ha encontrado ningún alumno que señale explícitamente que la acción de sostener implique ejercer una fuerza. Por otro lado, se ha relacionado fuerza con sustantivos como la velocidad (9%) o la fuerza humana (3%).

Destacar que ha habido un 31% de los alumnos que han mencionado la gravedad como fuerza, lo que es un indicador positivo porque consideran que existen fuerzas a distancia aunque no sean conscientes de la diferencia entre fuerzas de contacto o a distancia.

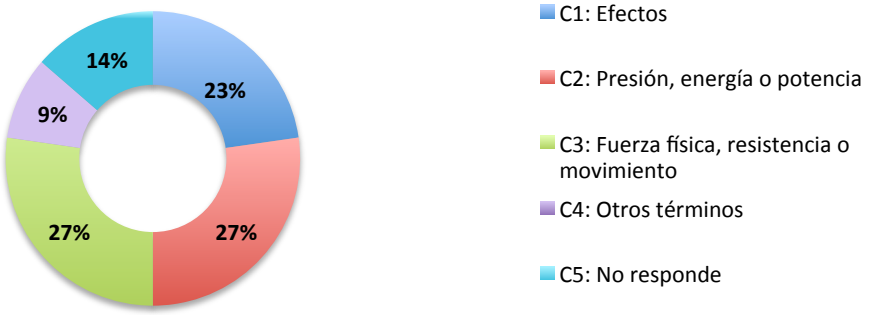


Figura 1. Respuestas correspondientes a la pregunta 1 del pretest relacionadas con la definición de fuerza.

POSTEST:

Categoría 1	Categoría 2	Categoría 3	Categoría 4	Categoría 5
Realiza una descripción de fuerza en base a los efectos de éstas.	Realiza una descripción de fuerza como presión, energía o potencia.	Realiza una descripción de fuerza como fuerza física, esfuerzo, resistencia o movimiento.	Realiza una descripción de fuerza con otros términos.	No responde.
19 alumnos (82%)	0 alumnos (0%)	2 alumnos (9%)	2 alumnos (9%)	0 alumnos (0%)

El 82% de los alumnos (categoría 1) proporcionaron una definición de fuerza como cualquier acción que al aplicarla sobre un cuerpo puede lograr diversos efectos. De ellos, el 30% describió explícitamente que es la acción que un cuerpo ejerce sobre otro, demostrando que tenían clara la presencia de dos cuerpos para hablar de fuerza. También, hubo un 17% que incluyó en su definición que hay dos tipos de fuerza (a contacto y a distancia) y un 39% que habló de efecto estático y dinámico, aunque un 4% indicó que "provoca un movimiento" reflejando la errónea asociación entre fuerza y movimiento.

Sin embargo, dentro de la categoría 1 en la que fuerza se definió en términos relacionados con los efectos, hubo un porcentaje de alumnos que tuvieron ciertas imprecisiones físicas al afirmar "acción que al aplicarla sobre un cuerpo ejerce un efecto" (13%) o "es una cosa que se le aplica a los objetos para cambiar su estado o deformarlos" (4%).

Dentro de la categoría 3, cada uno de los alumnos relacionó fuerza con esfuerzo y el otro dijo que la fuerza indica movimiento. Ningún alumno relacionó fuerza con presión, energía o potencia (categoría 2), aunque sí que la definieron solamente como magnitud que se mide en Newtons (9%, categoría 4).

En cuanto a algunos de los ejemplos sobre situaciones diferentes en relación con la idea que tenían de fuerza, mencionaron verbos dinámicos típicos que implican fuerzas a contacto como: empujar (26%), mover (13%), lanzar (48%), estirar (9%) o romper (3%). Además, se mencionaron verbos que implican fuerzas con efectos estáticos como colgar (4%), masticar (4%), deformar (13%) o sostener (35%). Incluso hablaron de ejemplos relacionados con la fuerza de rozamiento (13%) y en cuanto a fuerzas a distancia, hubo un 17% que hizo referencia a la gravedad.

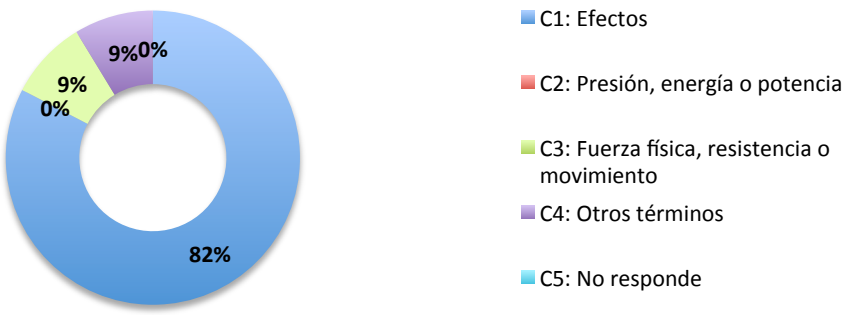
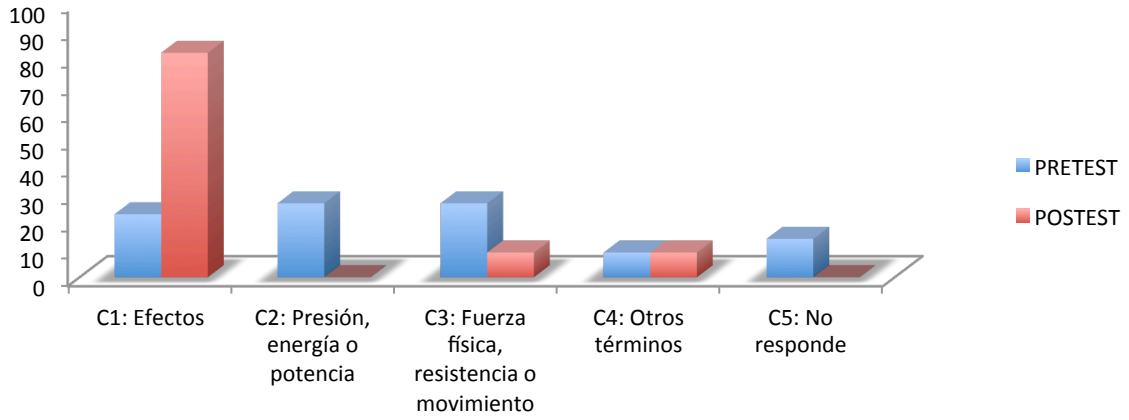


Figura 2. Respuestas correspondientes a la pregunta 1 del postest relacionadas con la definición de fuerza.

COMPARATIVA:

Si comparamos las respuestas obtenidas del pre- y postest:



	Categoría 1	Categoría 2	Categoría 3	Categoría 4	Categoría 5
PRETEST	5 alumnos (23%)	6 alumnos (27%)	6 alumnos (27%)	2 alumnos (9%)	3 alumnos (14%)
POSTEST	19 alumnos (82%)	0 alumnos (0%)	2 alumnos (9%)	2 alumnos (9%)	0 alumnos (0%)

Figura 3. Comparativa en porcentaje de las respuestas pertenecientes a la pregunta 1 de ambos tests relacionadas con la definición de fuerza.

Según se muestra en la gráfica de la *Figura 3.*, ha habido una mejora considerable al definir el término de <<fuerza>>, pues la mayoría de los alumnos lo han realizado desde el punto de vista científico relacionándola con la acción que un cuerpo ejerce sobre otro cuerpo para lograr diversos efectos (categoría 1). Sin embargo, aunque continúan asociando la fuerza a experiencias más cotidianas como al esfuerzo o al movimiento, se puede ver un ligero descenso (categoría 3), así como ninguna relación con otros términos científicos distintos del concepto de fuerza pero relacionados (categoría 2).

Comparando ambos test, se puede apreciar una mayor riqueza en el lenguaje científico, puesto que también han hablado de los tipos y efectos de las fuerzas en detalle. Destacar además, que a diferencia del pretest donde solo dieron ejemplos de efectos dinámicos, en el postest mencionaron diversos efectos estáticos, haciendo alusión al verbo sostener como fuerza que es un aspecto a destacar importante, y haciendo referencia como tal a fuerzas como la tensión, el rozamiento o la normal.

4.3.2 SEGUNDA PREGUNTA

2. Indica si son verdaderas o falsas las siguientes frases y justifica brevemente tu respuesta en el caso de las falsas:

PRIMERA FRASE:

- **PRETEST:**

a) Cuando sostenemos un libro con la mano hay que hacer fuerza, pero si lo colocamos sobre una mesa, ésta no precisa ejercer fuerza alguna para sostener el libro.

Categoría 1	Categoría 2	Categoría 3	Categoría 4	Categoría 5
Realiza una descripción correcta afirmando que sobre el libro existen fuerzas que actúan (fuerza normal y fuerza peso).	Realiza una descripción parcialmente correcta pero con imprecisiones físicas.	Responde correctamente pero no proporciona el razonamiento.	Responde incorrectamente.	No responde.
0 alumnos (0%)	14 alumnos (64%)	4 alumnos (18%)	3 alumnos (14%)	1 alumno (4%)

El 82% de ellos afirmaron que la mesa también es capaz de ejercer fuerza sobre el libro para sujetarlo (categoría 1,2 y 3).

De ellos, el 64% de los alumnos (categoría 2) justificó que la mesa debía ejercer una fuerza porque todos los cuerpos en el universo ejercen fuerzas (9%), otros explicaron que debe realizarse una fuerza (9%) o que era una fuerza de apoyo (23%) pero no dijeron cual y el resto nombraron solamente la gravedad (23%), teniendo errores conceptuales del tipo "la mesa ejerce fuerza mayor a la gravedad", "todos los objetos tienen y ejercen fuerza" o " se precisa hacer una fuerza para no ser chafada por la gravedad".

Y el 18% de los alumnos (categoría 3), resaltaron que la pregunta era falsa pero no atribuyo explicación y un 14% contestó que era verdadera pero sin justificación alguna (categoría 4).

Ningún alumno reconoció las dos fuerzas que actuarían sobre el libro (categoría 1), como son la fuerza normal que ejerce la mesa sobre el libro y la fuerza que ejerce la Tierra sobre él.

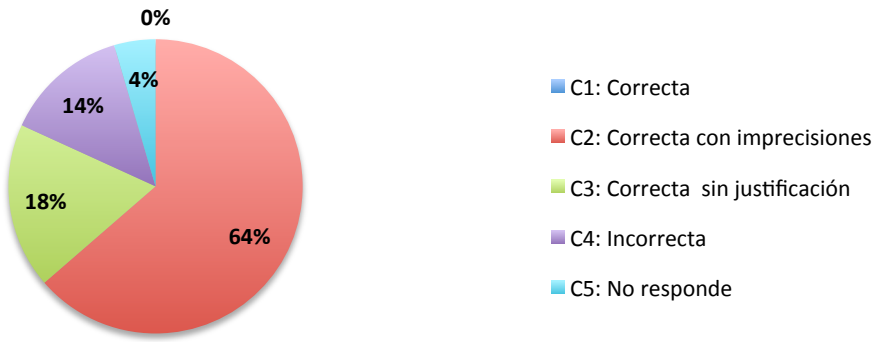


Figura 4. Respuestas correspondientes a la pregunta 2a del pretest relacionadas con las fuerzas actuando sobre un libro.

POSTEST:

a) Sobre un cuerpo que no está en movimiento, como un libro apoyado en una mesa, no existen fuerzas que actúan.

Categoría 1	Categoría 2	Categoría 3	Categoría 4	Categoría 5
Realiza una descripción correcta afirmando que sobre el libro existen fuerzas que actúan (fuerza normal y fuerza peso).	Realiza una descripción parcialmente correcta pero con imprecisiones físicas.	Responde correctamente pero no proporciona el razonamiento.	Responde incorrectamente.	No responde.
7 alumnos (31%)	15 alumnos (65%)	1 alumnos (4%)	0 alumnos (0%)	0 alumnos (0%)

Todos afirmaron que sobre un cuerpo inanimado en reposo también hay fuerzas que actúan (categoría 1,2 y 3).

Ahora bien, un 31% de los alumnos (categoría 1) reconoció las dos fuerzas que actuaban sobre el libro, la normal y el peso. Sin embargo, el 65% indicó solamente una de las dos fuerzas (categoría 2): el 48% la normal (de los cuales el 30% especificó el nombre de la fuerza y el resto simplemente lo explicó como la fuerza que la mesa ejerce sobre la mesa) y el 17% el peso. Y solamente un alumno (4%) no dio justificación, aunque es consciente de que existen fuerzas que actúan (categoría 3).

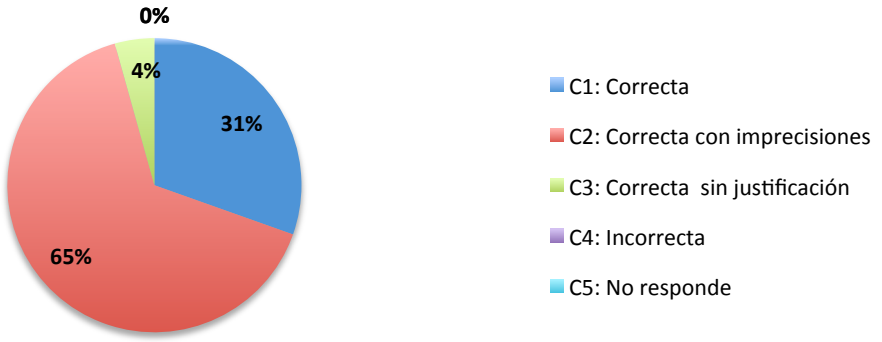
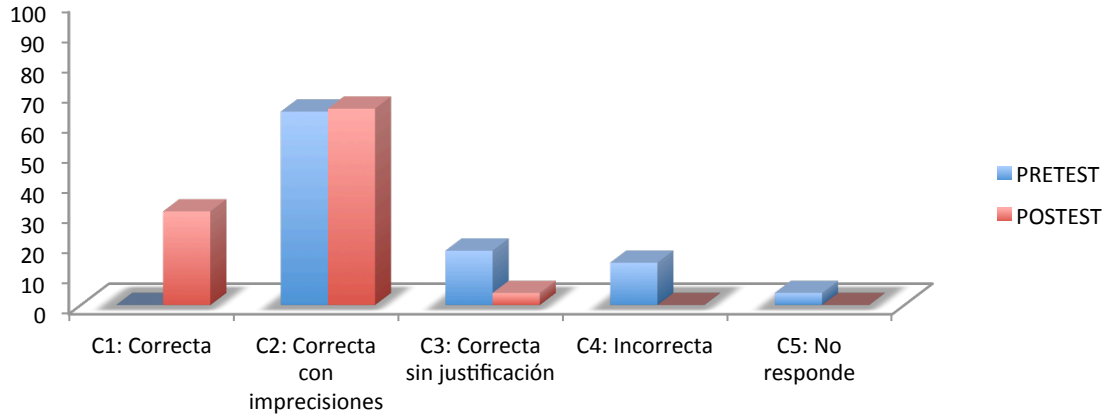


Figura 5. Respuestas correspondientes a la pregunta 2a del postest relacionadas con las fuerzas que actúan sobre un libro.

COMPARATIVA:

Si comparamos las respuestas obtenidas del pre- y postest:



	Categoría 1	Categoría 2	Categoría 3	Categoría 4	Categoría 5
PRETEST	0 alumnos (0%)	14 alumnos (64%)	4 alumnos (18%)	3 alumnos (14%)	1 alumnos (4%)
POSTEST	7 alumnos (31%)	15 alumnos (65%)	1 alumnos (4%)	0 alumnos (0%)	0 alumnos (0%)

Figura 6. Comparativa en porcentaje de las respuestas pertenecientes a la pregunta 2a de ambos tests relacionadas con las fuerzas que actúan sobre un libro.

Según se muestra en la gráfica de la *Figura 6.*, se ha conseguido que un 31% de los alumnos sean capaces de reconocer las dos fuerzas que actúan sobre un libro en reposo (categoría 1). A pesar de que el porcentaje de alumnos que ha respondido correctamente pero con alguna imprecisión física (categoría 2) se mantiene invariable, se puede apreciar una gran diferencia entre el pretest y el postest. En el postest, la única imprecisión cometida es la identificación solo de una de las fuerzas mientras que en el pretest además de ello, se apreciaban imprecisiones en el lenguaje. Con respecto a esto, destacar que en el postest se ve una mayor riqueza en el lenguaje, si bien en el pretest algunos alumnos hacían referencia a una fuerza de apoyo; en el postest, identificaron esta fuerza como la fuerza normal.

Por último, un aspecto importante a destacar es que el 100% de los alumnos (categoría 1,2 y 3) consideran que hay fuerzas actuando, por lo que se ha conseguido que no relacionen las fuerzas solo con los seres vivos, consideren las fuerzas a distancia o fuerzas de sostén, y que entiendan que no porque un cuerpo no esté en movimiento no quiere decir que no hayan fuerzas actuando sobre él.

APARTADO B):

- **PRETEST:**

b) Las personas y animales tienen fuerza mientras que los objetos inanimados (pared, suelo, mesa…) no tienen.

Categoría 1	Categoría 2	Categoría 3	Categoría 4	Categoría 5
Realiza una descripción correcta afirmando que todos los cuerpos pueden ejercer fuerza pero no tienen fuerza.	Realiza una descripción parcialmente correcta afirmando que los cuerpos ejercen fuerza y tienen fuerza.	Responde correctamente pero no proporciona el razonamiento.	Responde incorrectamente afirmando que todos los cuerpos tienen fuerza o solo los animados.	No responde.
0 alumnos (0%)	8 alumnos (36%)	2 alumnos (9%)	10 alumnos (46%)	2 alumnos (9%)

Ningún estudiante respondió que la cuestión era falsa debido a que los cuerpos (animales, personas u objetos) no poseen fuerza, fuerza como algo característico de ellos (categoría 1) pero si que la ejercen.

Sin embargo, un 36% de los alumnos (categoría 2) al negar la cuestión diciendo que todos los cuerpos tienen fuerza, recurrieron de manera indirecta a justificarlo mediante fuerza como medida de la interacción entre dos cuerpos. Proporcionaron las siguientes afirmaciones: "todo tiene fuerza, si empujas una pared, ésta te devolverá una fuerza igual que la que ejerces" (4%), "todos los objetos son atraídos por una fuerza como la gravedad" (23%), "todos los objetos y seres tienen fuerzas y fuerzas son ejercidas sobre ellos" (4%) y "todos pueden ejercer fuerza" (5%). Estas oraciones nos muestran que los alumnos no distinguen la diferencia entre tener y ejercer fuerza; para ellos, la fuerza reside dentro de los objetos y les permite <<hacer algo>>.

Un 9% de los alumnos (categoría 3) respondió que era falsa sin proporcionar explicación, por lo que no podemos averiguar si tienen las mismas ideas previas mencionadas anteriormente. Y el 46% de los alumnos (categoría 4) respondió de manera incorrecta a la cuestión; de ellos, más de la mitad contestó que era falsa porque "todos los objetos tienen fuerza" y el resto contestó que era verdadera porque "los objetos inanimados no se mueven" (4%), "los objetos inanimados son capaces de aguantar una fuerza, como sostener algo, pero no tienen fuerza" (4%), "los objetos tienen dureza y pueden ser movidos" (4%) y "a estos se les aplica fuerza" (4%). Demostrando así, una vez más, que los alumnos relacionan las fuerzas solo con los seres vivos (carácter antropocéntrico) y también para ellos las fuerzas <<verdaderas>> son las de contacto como empujar o tirar pero no sostener.

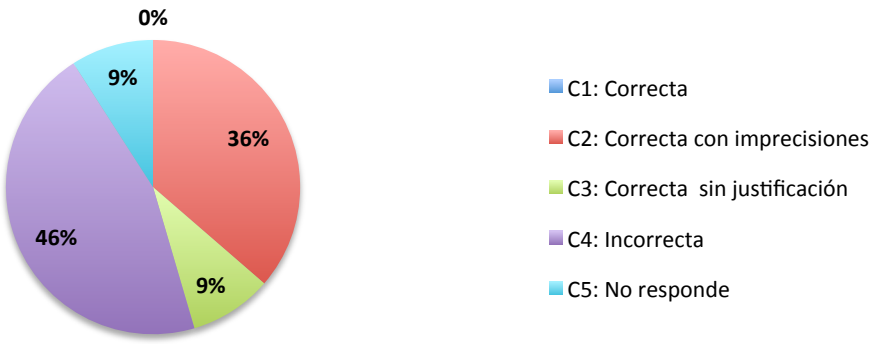


Figura 7. Respuestas correspondientes a la pregunta 2b del pretest relacionadas con la posesión de fuerza de los cuerpos.

POSTEST:

b) Una persona tiene fuerza pero una mesa no tiene fuerza.

Categoría 1	Categoría 2	Categoría 3	Categoría 4	Categoría 5
Realiza una descripción correcta afirmando que todos los cuerpos pueden ejercer fuerza pero no tienen fuerza.	Realiza una descripción parcialmente correcta afirmando que los cuerpos ejercen fuerza y tienen fuerza.	Responde correctamente pero no proporciona el razonamiento.	Responde incorrectamente afirmando que todos los cuerpos tienen fuerza o solo los animados.	No responde.
19 alumnos (83%)	3 alumnos (13%)	0 alumnos (0%)	1 alumnos (4%)	0 alumnos (0%)

El 83% de los alumnos respondió que la cuestión era falsa debido a que los cuerpos no tienen fuerza, pero sí que la ejercen (categoría 1). Mientras que el 13% de los alumnos (categoría 2) afirmaron que las personas no tienen fuerza pero tuvieron errores conceptuales del tipo "las personas no tienen fuerza, pero pueden causar acciones que sí que tienen fuerza" (4%) o "una persona no tiene fuerza, puede ejercer una fuerza sobre un objeto pero una mesa si tiene fuerza, como la fuerza normal" (9%) reflejando la confusión entre tener y ejercer. Y solo un alumno (4%) afirmó que ambos cuerpos tienen fuerza.

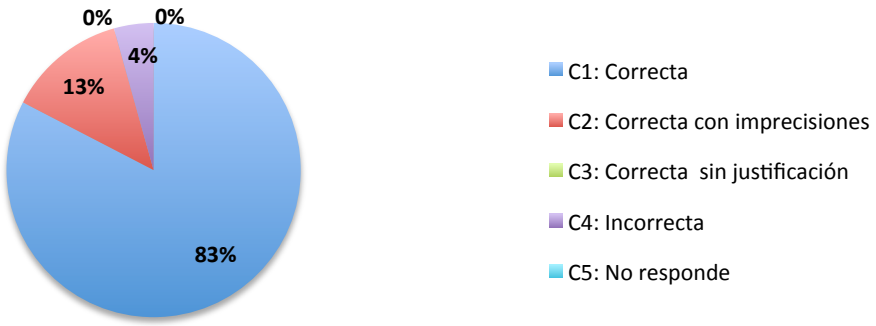
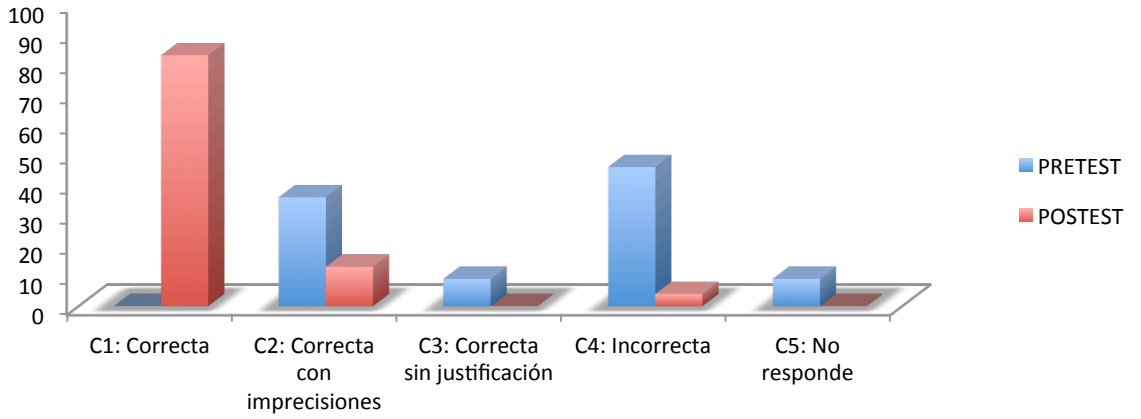


Figura 8. Respuestas correspondientes a la pregunta 2b del postest relacionadas con la posesión de fuerza de los cuerpos.

COMPARATIVA:

Si comparamos las respuestas obtenidas del pre- y postest:



	Categoría 1	Categoría 2	Categoría 3	Categoría 4	Categoría 5
PRETEST	0 alumnos (0%)	8 alumnos (36%)	2 alumnos (9%)	10 alumnos (46%)	2 alumnos (9%)
POSTEST	19 alumnos (83%)	3 alumnos (13%)	0 alumnos (0%)	1 alumnos (4%)	0 alumnos (0%)

Figura 9. Comparativa en porcentaje de las respuestas pertenecientes a la pregunta 2b de ambos tests relacionadas con la posesión de fuerza de los cuerpos.

Según se muestra en la gráfica de la *Figura 9.*, se ha conseguido una mejora significativa en considerar las fuerzas como una interacción y no como una característica de los cuerpos (categoría 1). Además, el número de alumnos que confunden los términos ejercer y tener fuerza ha sido reducido hasta un 13% indicando una adquisición del lenguaje más precisa (categoría 2), y solamente un alumno ha afirmado que ambos cuerpos tienen fuerza (4%). Consiguiendo de este modo, que mayoritariamente hayan comprendido que para que haya una fuerza deben existir dos cuerpos, que éstas no tienen carácter antropocéntrico ni relación con el esfuerzo físico.

APARTADO C):

- **PRETEST:**

c) Peso y masa son magnitudes físicas que indican lo mismo y no hay diferencias.

Categoría 1	Categoría 2	Categoría 3	Categoría 4	Categoría 5
Realiza una descripción correcta del peso como fuerza y la masa como cantidad de materia.	Realiza una descripción parcialmente correcta pero con imprecisiones físicas.	Responde correctamente pero no proporciona el razonamiento.	Responde incorrectamente.	No responde.
7 alumnos (32%)	7 alumnos (32%)	7 alumnos (32%)	1 alumnos (4%)	0 alumnos (0%)

El 96% afirmó que peso y masa son dos magnitudes diferentes (categoría 1,2 y 3).

De ellos, solamente un 32% de los alumnos (categoría 1) demostraron comprender exactamente la diferencia entre peso y masa, peso como fuerza de atracción y masa como la cantidad de materia de un cuerpo.

Otro 32% de los estudiantes (categoría 2) indicaron que eran magnitudes diferentes pero tuvieron errores conceptuales, incluso varios en la misma oración, del tipo: definir la masa como "el espacio que ocupa un objeto" (18%), reflejando que tienen problemas para diferenciar la masa y el volumen de un cuerpo; indicar que "el peso se mide en Kg o g" (9%), "el peso es lo que el médico te mide y no es una magnitud" (4%) o "el peso es lo que pesa un objeto" (9%) mostrando la confusión que produce que en el lenguaje popular usemos peso y masa indistintamente, produciendo que los alumnos recurran a la experiencia cotidiana para definir conceptos físicos; así como indicar que "en el espacio, la masa es la misma y el peso es cero, a diferencia de la Tierra donde todo tiene peso y fuerza" (4%), afirmación asociada a la idea errónea sobre que en ausencia de aire no actúa la gravedad.

Y el 32% de los alumnos restante (categoría 3) no han sabido explicar el por qué de su respuesta, sin embargo, la mitad de ellos han afirmado que son conocedores de que existen diferencias aunque no sean capaces de explicarlas.

Solo un 4% (categoría 4) ha respondido incorrectamente.

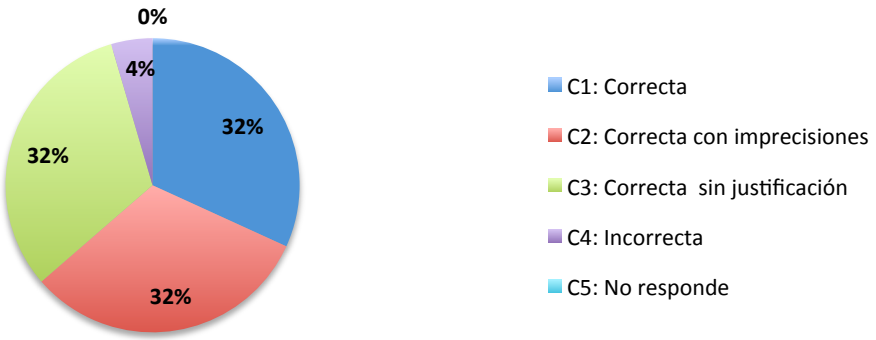


Figura 10. Respuestas correspondientes a la pregunta 2c del pretest relacionadas con los conceptos masa y peso.

POSTEST:

c) Peso y masa son magnitudes físicas que indican fuerza de atracción.

Categoría 1	Categoría 2	Categoría 3	Categoría 4	Categoría 5
Realiza una descripción correcta del peso como fuerza y la masa como cantidad de materia.	Realiza una descripción parcialmente correcta pero con imprecisiones físicas.	Responde correctamente pero no proporciona el razonamiento.	Responde incorrectamente.	No responde.
16 alumnos (70%)	4 alumnos (17%)	0 alumnos (0%)	3 alumnos (13%)	0 alumnos (0%)

Según las respuestas de los alumnos, el 70% afirma que solamente el peso indica fuerza de atracción mientras que la masa es la cantidad de materia (categoría 1); un 17% (categoría 2) indicaron que eran magnitudes diferentes pero cometieron errores conceptuales que mostraron la confusión que existe entre masa y volumen o con las unidades de medida de masa y peso; y un 13% respondió incorrectamente afirmando que ambas son fuerzas de atracción mostrando que no entendían el concepto de fuerza.

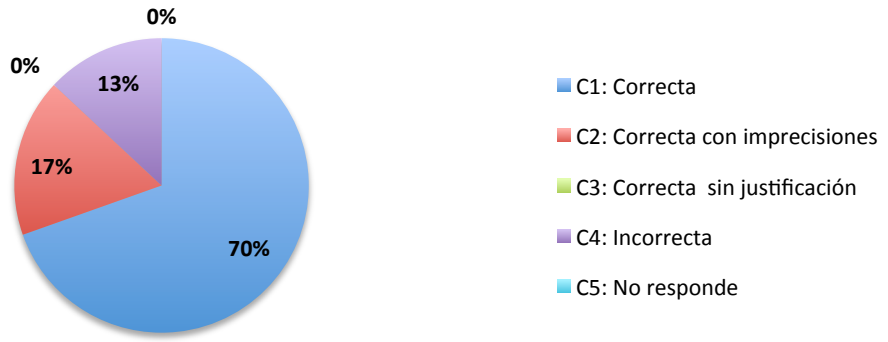
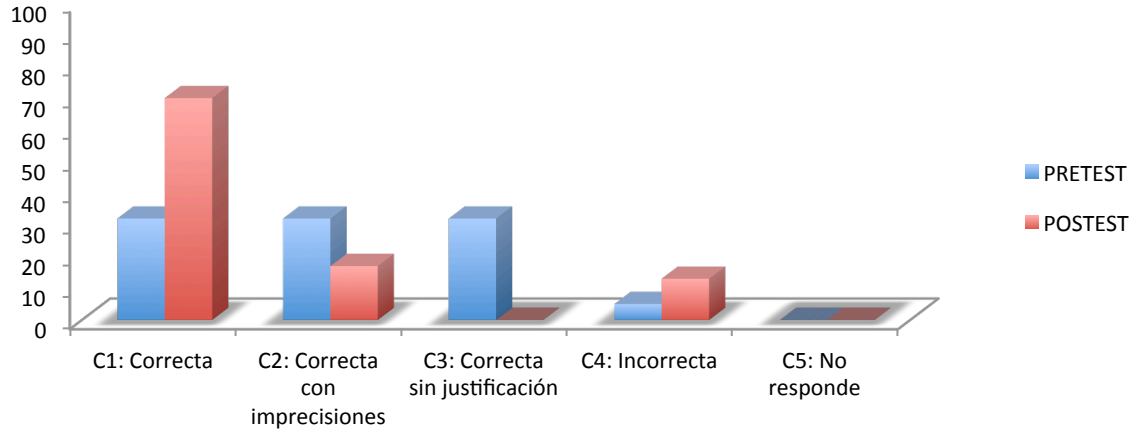


Figura 11. Respuestas correspondientes a la pregunta 2c del postest relacionadas con los conceptos masa y peso.

COMPARATIVA:

Si comparamos las respuestas obtenidas del pre- y postest:



	Categoría 1	Categoría 2	Categoría 3	Categoría 4	Categoría 5
PRETEST	7 alumnos (32%)	7 alumnos (32%)	7 alumnos (32%)	1 alumnos (4%)	0 alumnos (0%)
POSTEST	16 alumnos (70%)	4 alumnos (17%)	0 alumnos (0%)	3 alumnos (13%)	0 alumnos (0%)

Figura 12. Comparativa en porcentaje de las respuestas pertenecientes a la pregunta 2c de ambos tests relacionadas con los conceptos masa y peso.

Según se ve en la gráfica de la *Figura 12.*, hay un elevado porcentaje de alumnos que ha podido superar la barrera de estos conceptos sinónimos desde el punto de vista cotidiano trasladándolo al ámbito científico correctamente (categoría 1). El número de alumnos con imprecisiones científicas también se ha visto reducido (categoría 2). Sin embargo, en el postest se ha podido observar un mayor porcentaje de alumnos que no entienden el

significado de fuerza de atracción (13%, categoría 4) ya que la cuestión del pretest no te permitía comprobar esto tan claramente.

APARTADO D):

- **PRETEST:**

d) El peso de un objeto en la Tierra es diferente al peso de ese mismo objeto en la Luna.

Categoría 1	Categoría 2	Categoría 3	Categoría 4	Categoría 5
Realiza una descripción correcta de la diferenciación del peso en diferentes planetas por la gravedad.	Realiza una descripción parcialmente correcta pero con imprecisiones físicas.	Responde correctamente pero no proporciona el razonamiento.	Responde incorrectamente.	No responde.
12 alumnos (55%)	4 alumnos (18%)	4 alumnos (18%)	2 alumnos (9%)	0 alumnos (0%)

El 91% de los alumnos afirmaron que el peso de un objeto en la Tierra es diferente al peso de ese objeto en la Luna (categoría 1,2 y 3).

Más de la mitad de ellos (55%, categoría 1), demostraron comprender exactamente porque un objeto tiene diferente peso en la Tierra que en la Luna. De estos alumnos, un 18% lo justificó como que la masa no cambia cualquiera que sea el lugar donde se encuentre pero el peso si, otro 18% afirmó que en la Tierra la gravedad es mayor y por lo tanto, el peso es mayor o que en la Luna hay menos gravedad, y el 18% restante respondió que la principal causa era la diferencia de gravedad, por lo que no podemos saber si asumían que en la Luna había o no gravedad (error conceptual).

Un 18% de los alumnos (categoría 2) respondieron que el peso sería diferente, pero mostraron claramente la creencia errónea de que en ausencia de aire la gravedad no actúa, afirmando que en la Luna no había gravedad. Y otro 18% de los alumnos (categoría 3) afirmó que la pregunta era verdadera pero no atribuyo explicación.

Solo un 9% de los alumnos (categoría 4) contestaron que era falsa justificando que lo que cambia es la masa mientras que el peso se mantiene invariable, reflejando una vez más la confusión entre los conceptos físicos, peso y masa.

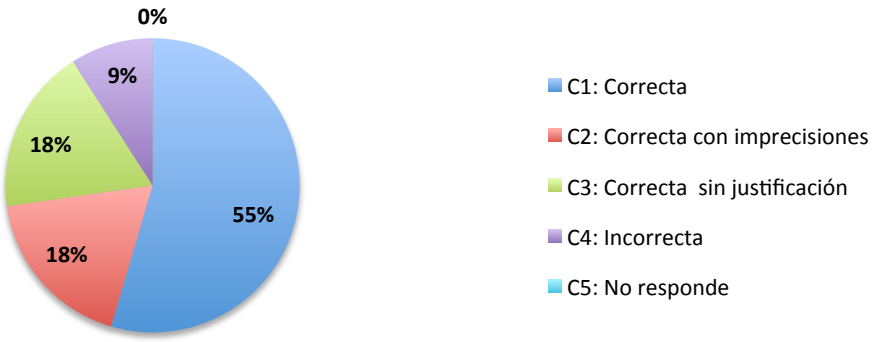


Figura 13. Respuestas correspondientes a la pregunta 2d del pretest relacionadas con el peso en diferentes planetas.

POSTEST:

d) El peso de un objeto en la Tierra es diferente al peso de ese mismo objeto en la Luna donde sería cero.

Categoría 1	Categoría 2	Categoría 3	Categoría 4	Categoría 5
Realiza una descripción correcta de la diferenciación del peso en diferentes planetas por la gravedad.	Realiza una descripción parcialmente correcta pero con imprecisiones físicas.	Responde correctamente pero no proporciona el razonamiento.	Responde incorrectamente.	No responde.
14 alumnos (61%)	8 alumnos (35%)	0 alumnos (0%)	1 alumnos (4%)	0 alumnos (0%)

El 61% de los alumnos afirmaron que el peso de un objeto en la Tierra es diferente al peso de ese mismo objeto en la Luna pero no cero, justificándolo correctamente (categoría 1). Del 35% de los alumnos (categoría 2) que cometió alguna imprecisión, el 22% afirmó que la oración era verdadera porque el peso varía según donde nos encontremos con la gravedad mientras que la masa no cambia; sin embargo, no negaron que el peso en la Luna fuera 0, por lo que no se puede mostrar claramente que tuvieran la creencia errónea de que en ausencia de aire la gravedad no actúa y un 9% dijo que era verdadera pero no lo justificó; y el 4% restante tuvo la imprecisión al afirmar que en la Luna la gravedad era mayor que en la Tierra.

Solamente un alumno (4%) dijo que el peso sería el mismo (categoría 4).

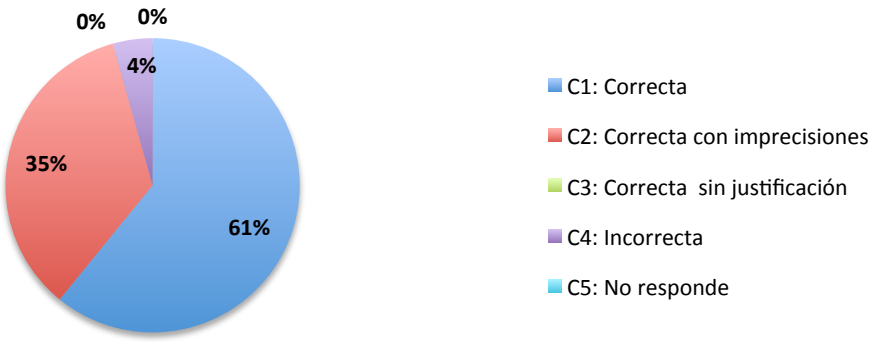
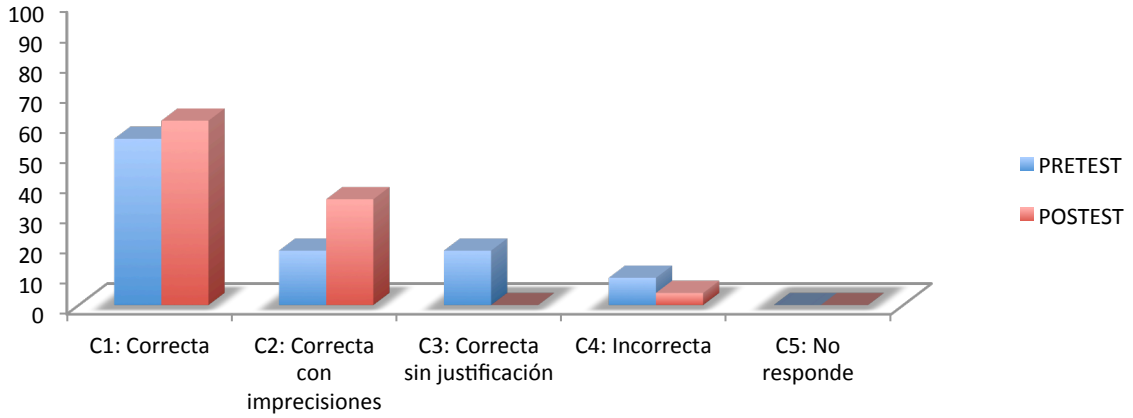


Figura 14. Respuestas correspondientes a la pregunta 2d del postest relacionadas con el peso en diferentes planetas.

COMPARATIVA:

Si comparamos las respuestas obtenidas del pre- y postest:



	Categoría 1	Categoría 2	Categoría 3	Categoría 4	Categoría 5
PRETEST	12 alumnos (55%)	4 alumnos (18%)	4 alumnos (18%)	2 alumnos (9%)	0 alumnos (0%)
POSTEST	14 alumnos (61%)	8 alumnos (35%)	0 alumnos (0%)	1 alumnos (4%)	0 alumnos (0%)

Figura 15. Comparativa en porcentaje de las respuestas pertenecientes a la pregunta 2d de ambos tests relacionadas con el peso en diferentes planetas.

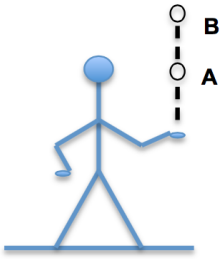
El porcentaje de mejora en la comprensión entre los diferentes pesos que existen en la Tierra y en la Luna no ha sido muy elevado (6%, categoría 1). Esto puede deberse a que en el postest se ha ahondado más en la idea previa de la gravedad cero en la Luna requerido por el planteamiento de la pregunta, encontrándose así un mayor número de confusiones entre los alumnos, concretamente un 17% más (categoría 2). Sin embargo, ya he comentado que por sus justificaciones no se puede saber exactamente si tenían esta preconcepción. En

cuanto al número de alumnos que respondió de forma completamente incorrecta, no varió mucho.

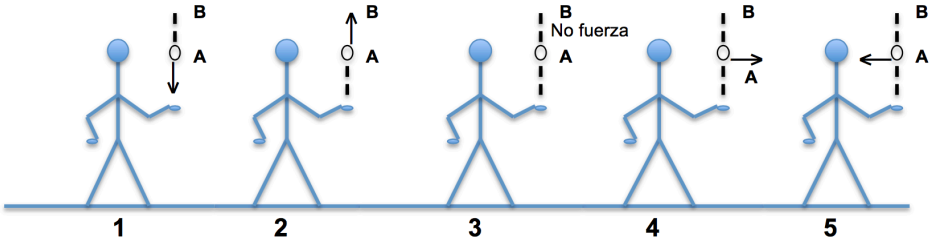
4.3.3 TERCERA PREGUNTA

PRETEST:

3. Ejercicio:



Un chico lanza una pelota al aire, hacia arriba. Sale de su mano pasando por el punto A y llega hasta el punto B. Cae nuevamente hacia abajo, a través del punto A. Las flechas que aparecen en las figuras siguientes indican la dirección de la fuerza que actúa sobre la pelota.



a) ¿Qué figura crees que muestra mejor la fuerza que actúa sobre la pelota al SUBIR cuando pasa por A? Explicación:

Categoría 1	Categoría 2	Categoría 3	Categoría 4
Elige la figura 1 que es la que mejor muestra la única fuerza que actúa sobre la pelota al subir (la gravedad).	Elige incorrectamente la figura 2.	Elige incorrectamente otra de las figuras (3,4,5) que se presenta como opción.	No responde.
1 alumnos (4%)	18 alumnos (82%)	2 alumnos (9%)	1 alumnos (5%)

Solamente uno de los alumnos (4%) eligió la opción correcta (categoría 1), justificando "aunque suba, la fuerza de la gravedad actúa sobre la pelota". El 82% de los estudiantes (categoría 2) afirmaron que debía existir una fuerza con dirección vertical y sentido hacia arriba cuando la pelota pasaba por el punto A al subir. Dicho dato refleja la fuerte asociación

que tienen los alumnos entre fuerza y movimiento. Se ha comprobado como de patente está la idea errónea de que si un cuerpo se mueve, hay una fuerza que actúa sobre él en la dirección del movimiento. Las respuestas fueron razonadas principalmente mediante el hecho de que para lanzar una bola hacia arriba necesitamos fuerza y que dicha fuerza se ejerce hacia arriba (50%), un 9% contestó de forma explícita que se debe al impulso que se le da a la pelota para ir hacia arriba, un 18% afirmó que la pelota va hacia arriba porque se opone y supera a la gravedad y un 5% no dio explicación. De estas últimas contestaciones, podemos extraer que ya hay un tanto por cierto de alumnos que considera que la gravedad actúa siempre, no solo cuando los cuerpos caen, sin embargo, también consideran una fuerza asociada al movimiento.

Un 9% de los alumnos (categoría 3) respondieron otras opciones como fue la figura 3 justificando que "no hay fuerza que se ejerza en ella, ya no existe. Ahora la gravedad la frena y la va a llevar hacia abajo" mostrando que no identifica la gravedad con una fuerza, y otro alumno eligió la figura 4 aunque no dio justificación.

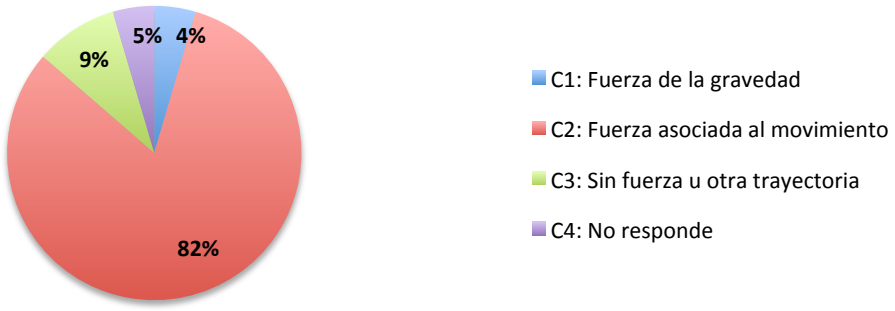


Figura 16. Respuestas correspondientes a la pregunta 3a del pretest relacionadas con las fuerzas que actúan sobre una pelota lanzada verticalmente hacia arriba.

b) ¿Qué figura crees que muestra mejor la fuerza que actúa sobre la pelota al BAJAR cuando pasa por A? Explicación:

Categoría 1	Categoría 2	Categoría 3	Categoría 4
Elige la figura 1 que es la que mejor muestra la única fuerza que actúa sobre la pelota al bajar (la gravedad).	Elige incorrectamente la figura 1.	Elige incorrectamente otra de las figuras (2,3,4,5) que se presenta como opción.	No responde.
13 alumnos (59%)	4 alumnos (18%)	4 alumnos (18%)	1 alumnos (5%)

El 77% de los estudiantes (categoría 1 y 2) afirmaron que debía existir una fuerza con dirección vertical y sentido hacia abajo cuando la pelota pasaba por el punto A al bajar. De los cuales, el 59% de los alumnos (categoría 1) explicaron que se debía a la gravedad y el 18% (categoría 2) se debía a que la pelota estaba bajando y, por lo tanto, tenía que existir una fuerza hacia abajo y un 5% no lo justificó (categoría 2).

Un 18% de los alumnos eligieron otras opciones (categoría 3); entre ellos, la mitad eligió la figura 3, uno de ellos lo justificó como "al bajar no actúa ninguna fuerza, sino la gravedad" demostrando que no reconoce la fuerza gravitatoria como una fuerza y el otro como "no opone más resistencia y se sigue ejerciendo la misma fuerza por arriba y por abajo". De la otra mitad, un alumno eligió la figura 2 justificándolo mediante la fuerza hacia arriba del viento y otro alumno eligió la figura 5 sin justificarlo. Por último, destacar también, que se pudo ver reflejada en las contestaciones la idea previa de que la pelota cae hacia un abajo absoluto en lugar de hacia el centro de la Tierra.

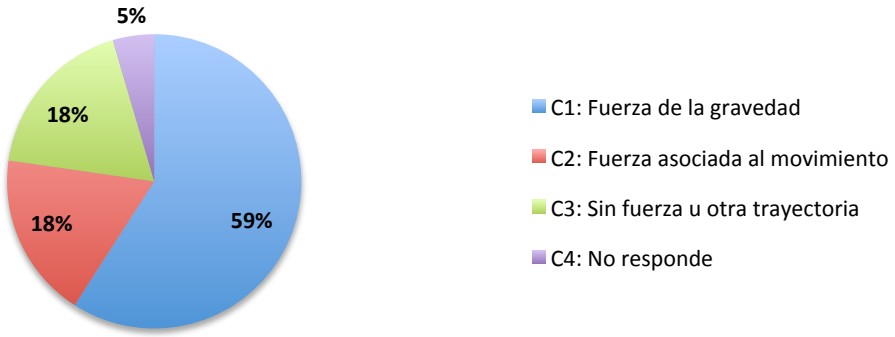
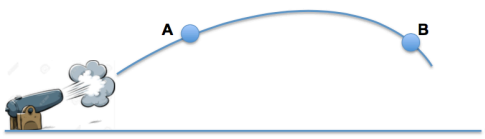


Figura 17. Respuestas correspondientes a la pregunta 3b del pretest relacionadas con las fuerzas que actúan sobre una pelota que cae verticalmente.

POSTEST:

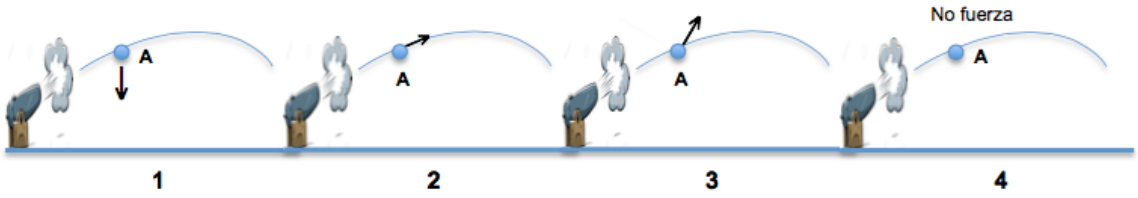
3. Ejercicio:



Un cañón lanza una bola de hierro al aire. Los puntos A y B son dos diferentes posiciones en la trayectoria de la bola. La bola comienza a subir pasando por el punto A. Tras alcanzar una cierta altura, la bola comienza a descender pasando por el punto B.

Las flechas que aparecen en las siguientes figuras representarían la dirección y el sentido de la fuerza que actúa sobre la bola.

a) ¿Qué figura crees que muestra mejor la fuerza que actúa sobre la bola al pasar por el punto A? Explicación:



Categoría 1	Categoría 2	Categoría 3	Categoría 4
Elige la figura 1 que es la que mejor muestra la única fuerza que actúa sobre la bola al subir (la gravedad).	Elige incorrectamente la figura 2.	Elige incorrectamente otra de las figuras (3,4) que se presenta como opción.	No responde.
15 alumnos (65%)	8 alumnos (35%)	0 alumnos (0%)	0 alumnos (0%)

El 65% de los estudiantes (categoría 1) afirmaron que la fuerza que actuaba era la de la gravedad o el peso, explicando que la Tierra ejercía dicha fuerza sobre la bola. De ellos, el 13% especificaron que la fuerza que el cañón ejercía sobre la bola se dejaba de ejercer una vez ya no estaban en contacto y la bola estaba en movimiento, demostrando que habían entendido la interacción de las fuerzas. Sin embargo, en los razonamientos proporcionados, en lugar de explicar que la bola era atraída hacia el centro de la Tierra, cometieron errores conceptuales del tipo "atrae la bola de hierro al suelo" (8%) o "atrae la bola hacia abajo" (16%). Además, hubo un 8% que afirmó "tiene la fuerza peso" reflejando de nuevo la permanencia de la confusión entre tener y ejercer fuerza.

Hubo un 35% de los alumnos (categoría 2) que afirmaron la existencia de una fuerza con dirección y sentido del movimiento de la bola, reflejando la continua asociación que tienen los alumnos entre fuerza y movimiento. Un 9% afirmó que se debía al impulso, un 17% al hecho de estar subiendo y necesitar una fuerza que se ejerza en ese sentido, y el 9% afirmó que aunque la gravedad también actúa no es la fuerza mayoritaria.

No hubo ningún alumno que eligiera otras opciones (categoría 3) y, por lo tanto, hubo solo un 26% de alumnos que no identificó para nada la fuerza de la gravedad actuando.

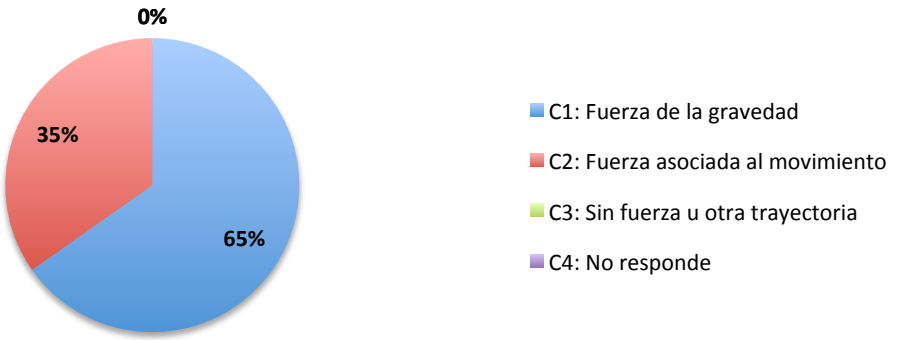
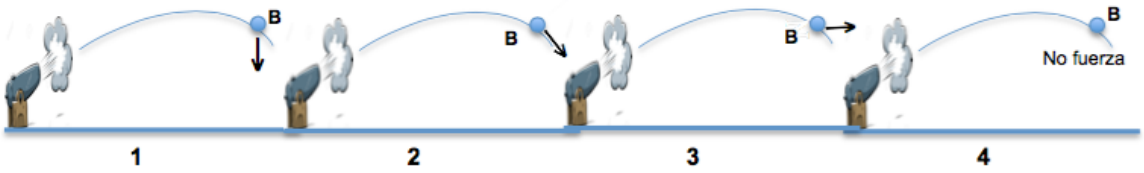


Figura 18. Respuestas correspondientes a la pregunta 3a del postest relacionadas con las fuerzas que actúan sobre una bola lanzada horizontalmente hacia arriba.

b) ¿Qué figura crees que muestra mejor la fuerza que actúa sobre la bola al pasar por el punto B? Explicación:



Categoría 1	Categoría 2	Categoría 3	Categoría 4
Elige la figura 1 que es la que mejor muestra la única fuerza que actúa sobre la bola al bajar (la gravedad).	Elige incorrectamente la figura 2.	Elige incorrectamente otra de las figuras (3,4) que se presenta como opción.	No responde.
18 alumnos (78%)	5 alumnos (22%)	0 alumnos (0%)	0 alumnos (0%)

El 78% de los alumnos (categoría 1) afirmaron que la fuerza que actuaba era la de la gravedad, aunque tuvieron errores conceptuales del mismo tipo que en la pregunta 3a en relación con la atracción hacia el centro de la Tierra y no hacia al suelo (12%) o hacia un abajo absoluto (12%). Sin embargo, un 22% de los alumnos (categoría 2) asociaron la fuerza al movimiento de la bola a lo largo de la trayectoria descendente, donde un 13% afirmó que se debía a que la bola estaba bajando y un 9% afirmó que aunque actuaba la gravedad todavía tenía el impulso que el cañón le había dado. Por lo tanto, solo un 13% de la clase no tuvo en cuenta la gravedad para nada. Además, ningún alumno afirmó que siguiera otra trayectoria o no hubiera fuerza (categoría 3).

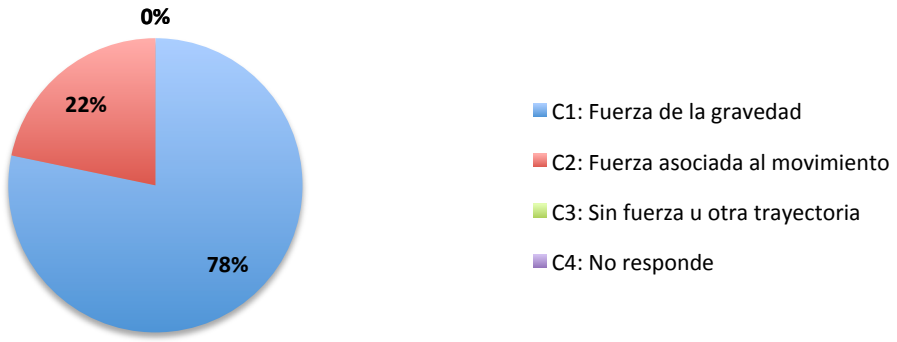
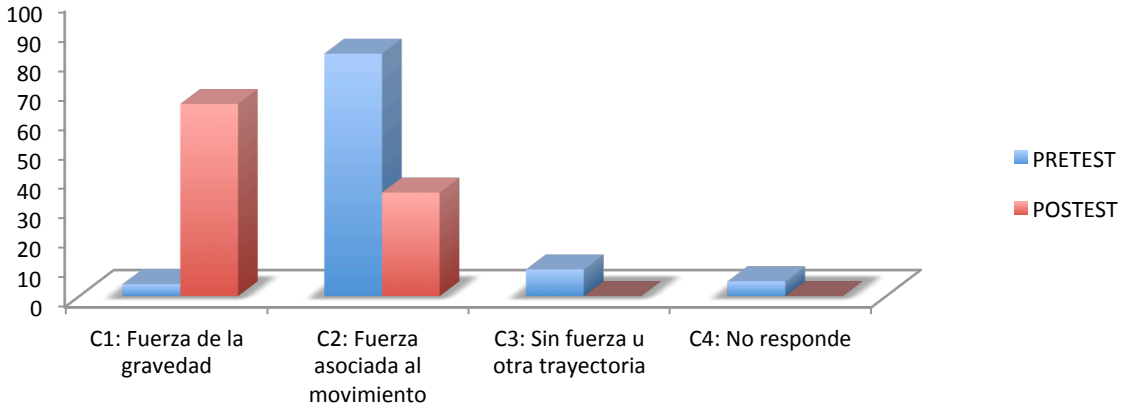


Figura 19. Respuestas correspondientes a la pregunta 3b del postest relacionadas con las fuerzas que actúan sobre una bola que cae horizontalmente.

COMPARATIVA:

Si comparamos las respuestas obtenidas del pre- y postest:

APARTADO A)



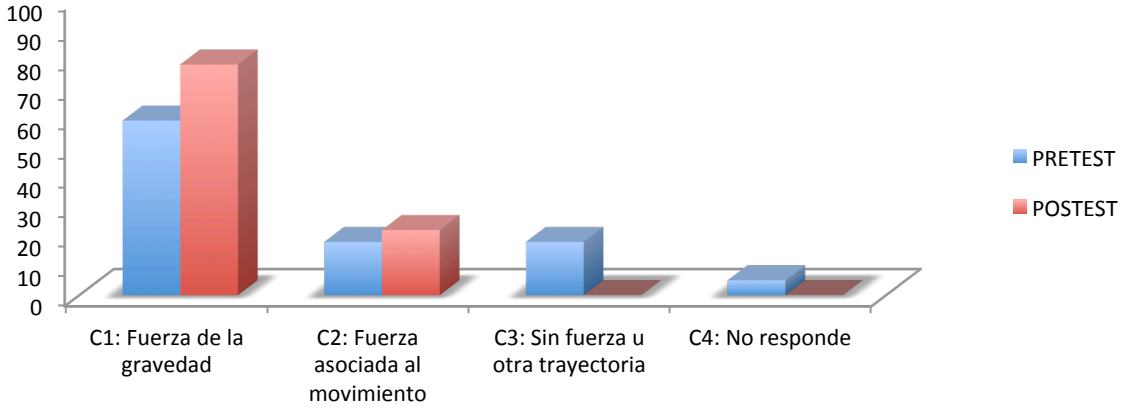
	Categoría 1	Categoría 2	Categoría 3	Categoría 4
PRETEST	1 alumnos (4%)	18 alumnos (82%)	2 alumnos (9%)	1 alumnos (5%)
POSTEST	15 alumnos (65%)	8 alumnos (35%)	0 alumnos (0%)	0 alumnos (0%)

Figura 20. Comparativa en porcentaje de las respuestas pertenecientes a la pregunta 3a de ambos tests relacionadas con las fuerzas que actúan sobre un cuerpo lanzado hacia arriba.

Por los datos obtenidos, se ha conseguido un progreso notable en considerar que puede existir movimiento en sentido contrario a la fuerza neta que actúa sobre el cuerpo, contrariamente a la idea intuitiva. Así como considerar la fuerza de la gravedad siempre y no solo cuando los cuerpos caen (categoría 1). Además, se puede destacar que se ha logrado un descenso importante en la asociación errónea del movimiento y la fuerza, concretamente

del 47%, aunque todavía se vieran razonamientos muy cercanos a las teorías medievales del ímpetu (categoría 2). Sin embargo, ya no hubo alumnos que afirmaran que no existían fuerzas actuando y que todo lo que sube baja, razonamiento Aristotélico del movimiento natural (categoría 3).

APARTADO B)



	Categoría 1	Categoría 2	Categoría 3	Categoría 4
PRETEST	13 alumnos (59%)	4 alumnos (18%)	4 alumnos (18%)	1 alumnos (5%)
POSTEST	18 alumnos (78%)	5 alumnos (22%)	0 alumnos (0%)	0 alumnos (0%)

Figura 21. Comparativa en porcentaje de las respuestas pertenecientes a la pregunta 3b de ambos tests relacionadas con las fuerzas que actúan sobre un cuerpo cayendo.

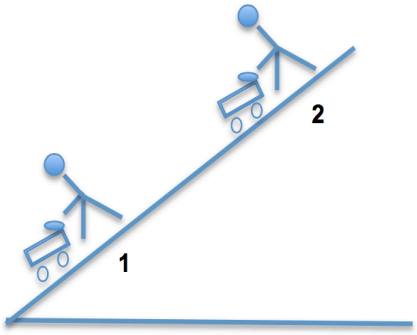
Comparando los resultados entre el pre- y el postest, se ha conseguido una ligero ascenso del 19% en alumnos que han considerado la gravedad en un cuerpo cayendo. Por otro lado, destacar que en la categoría 2, aunque los dibujos eran diferentes, se han incluido los alumnos que han asociado la fuerza al movimiento descendente y no a la gravedad. Aquí se ha visto un aumento de un 4% pudiendo ser debido a la mayor complejidad de un movimiento horizontal, pero destacar que a pesar de este leve ascenso hubo alumnos que consideraron también la gravedad en el descenso de la bola.

Sin embargo, al igual que en la pregunta 3a, ya no hubo alumnos que afirmaran que no habían fuerzas actuando y que todo lo que sube baja (categoría 3), lo que supone un avance importante.

4.3.4 CUARTA PREGUNTA

PRETEST:

4. Comparar las fuerzas necesarias para sostener cada carro según la posición que ocupa en la cuesta y selecciona una de estas tres opciones: A) El carro 1 deberá ser sujetado con mayor fuerza que el carro 2. B) Habrá que ejercer la misma fuerza en los dos carros para sujetarlos. C) El carro 2 deberá ser sujetado con mayor fuerza que el carro 1. Explicación:



Categoría 1	Categoría 2	Categoría 3	Categoría 4
Elige la opción correcta, ambos carros deben ser sujetados con la misma fuerza (B).	Elige incorrectamente que el carro 1 debe ser sujetado con mayor fuerza que el carro 2 (A).	Elige incorrectamente que el carro 2 debe ser sujetado con mayor fuerza que el carro 1 (C).	No responde.
11 alumnos (50%)	3 alumnos (14%)	8 alumnos (36%)	0 alumnos (0%)

El 50% de los alumnos (categoría 1) afirmaron que habrá que ejercer la misma fuerza en los dos carros para sujetarlos. Las razones aportadas por los alumnos fueron que "tienen la misma gravedad actuando en ellos" (14%) o que "ejercerán la misma fuerza porque tienen la misma pendiente o inclinación" (27%), mientras que un 9% no indicó el motivo.

Un 14% (categoría 2) indicó que el carro 1 está más abajo en la cuesta y por lo tanto, debía ser sujetado con mayor fuerza, tres razones fueron "la uno tiene mucha más presión", "ha obtenido más velocidad a medida que bajaba por la cuesta y para evitar que caiga y para reducir la velocidad que debe agarrar más fuerte" o "la gravedad es mayor porque está más cerca del suelo".

El 36% restante (categoría 3) indicó que se debería sujetar con mayor fuerza el carro 2, la mayoría afirmaron que al estar más arriba cogerá más velocidad y hay que sujetarlo con mayor fuerza, ofreciendo mayor resistencia (18%) y el resto lo justificó por la mayor gravedad (4%) o no dio explicación (14%).

Con las respuestas aportadas a la categoría 2 ó 3 podemos comprobar de nuevo, la estrecha relación que existe para los alumnos entre fuerza y esfuerzo físico (carácter antropocéntrico de fuerza), como confunden dos conceptos físicos como son la fuerza y la energía, puesto que una bola bajando por un plano inclinado tendrá más energía potencial en la parte superior y no más fuerza, y la confusión de la gravedad con la altura a la que se encuentra el cuerpo.

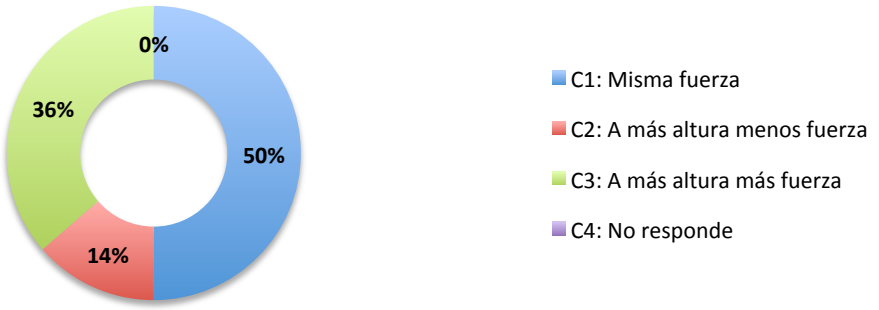
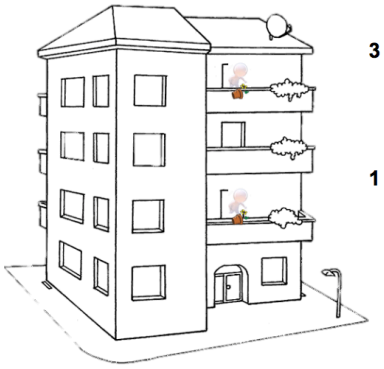


Figura 22. Respuestas correspondientes a la pregunta 4 del pretest relacionadas con la fuerza necesaria para sujetar un cuerpo que cae a distinta altura.

POSTEST:

4. A dos vecinas, una que vive en el primer piso (1) y otra que vive en el tercer piso (3) se les cae una maceta de igual masa y a la vez desde sus balcones. Comparar las fuerzas necesarias para sostener cada maceta, para que no se caiga, según la posición de cada vecina y selecciona una de estas tres opciones: A) La maceta del balcón 1 deberá ser sujetada con mayor fuerza que la maceta del balcón 3. B) Habrá que ejercer la misma fuerza sobre las dos macetas para sujetarlas. C) La maceta del balcón 3 deberá ser sujetada con mayor fuerza que la maceta del balcón 1. Explicación:



Categoría 1	Categoría 2	Categoría 3	Categoría 4
Elige la opción correcta, ambos carros deben ser sujetados con la misma fuerza (B).	Elige incorrectamente que el carro 1 debe ser sujetado con mayor fuerza que el carro 2 (A).	Elige incorrectamente que el carro 2 debe ser sujetado con mayor fuerza que el carro 1 (C).	No responde.
23 alumnos (100%)	0 alumnos (0%)	0 alumnos (0%)	0 alumnos (0%)

El total de los alumnos (categoría 1) afirmaron que habría que ejercer la misma fuerza en los dos cuerpos para sujetarlos. La principal razón dada fue que las macetas tenían la misma masa y al ser la gravedad igual, ambas serían atraídas de igual forma.

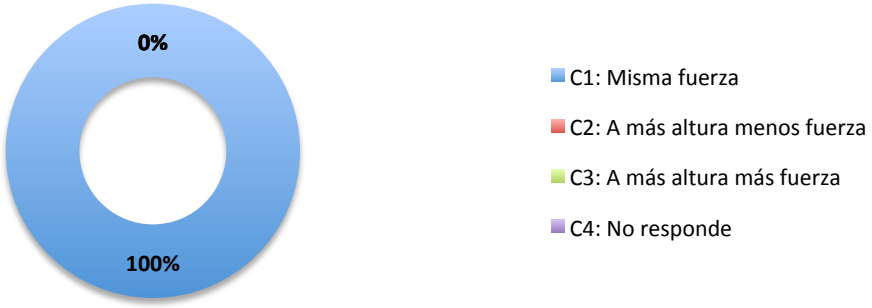
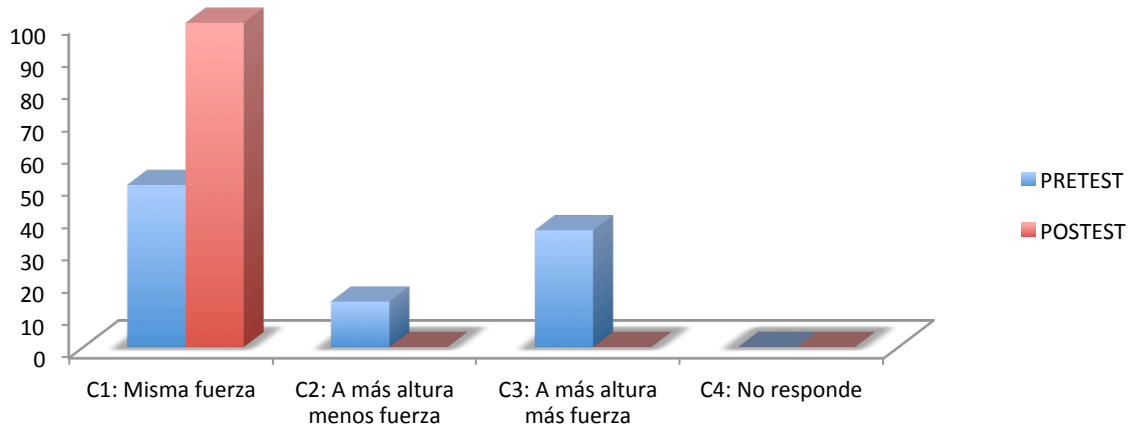


Figura 23. Respuestas correspondientes a la pregunta 4 del postest relacionadas con la fuerza necesaria para sujetar un cuerpo que cae a distinta altura.

COMPARATIVA:

Si comparamos las respuestas obtenidas del pre- y postest:



	Categoría 1	Categoría 2	Categoría 3	Categoría 4
PRETEST	11 alumnos (50%)	3 alumnos (14%)	8 alumnos (36%)	0 alumnos (0%)
POSTEST	23 alumnos (100%)	0 alumnos (0%)	0 alumnos (0%)	0 alumnos (0%)

Figura 24. Comparativa en porcentaje de las respuestas pertenecientes a la pregunta 4 de ambos tests relacionadas con la fuerza necesaria para sujetar un cuerpo que cae a distinta altura.

Comparando datos, se ha conseguido un progreso significativo del 100% al lograr que los alumnos comprueben las fuerzas que actúan en cada situación. Han analizado como dos cuerpos en caída, teniendo la misma masa y siendo el valor de la gravedad el mismo, serán atraídos por la Tierra de igual forma, independientemente de la altura. Por lo tanto, esto demuestra la comprensión de la relación entre peso y gravedad.

Sin embargo, queda aclarar que se ha considerado una varianza de la altura insignificante, y que de ser mayor la altura, la gravedad se hubiera visto afectada. Así, es importante destacar que se ha conseguido que los alumnos se olviden del esfuerzo físico para justificar este hecho, y que lo hagan centrándose en el análisis de las fuerzas sobre los cuerpos.

Destacar que el número de preguntas no justificadas se ha visto reducido considerablemente y que no ha habido ningún alumno que no haya contestado.

5. CONCLUSIONES

Tanto en la Primaria como en la Secundaria, cuando se introduce la explicación de conceptos fundamentales que constituyen las bases de la Ciencia, no se hace mucho hincapié en aclarar de forma pormenorizada el significado de éstos, conduciendo a una posible comprensión confusa y ambigua. Al ir terminando la educación formal, los alumnos acaban sin haber conseguido una apropiada construcción del conocimiento científico; esto se debe, a una falta de comprensión de estos conceptos básicos. Diversas investigaciones han evidenciado que una de las principales causas es el no dedicar tiempo en conocer las ideas previas que tienen los alumnos para utilizarlo como el punto de partida de su aprendizaje.

El **conocimiento de las ideas previas** de los alumnos supone un avance de la metodología tradicional. Éstas deben convertirse en el **motor de aprendizaje** para asentar los principales pilares del conocimiento científico, y aunque requiere de una inversión de tiempo, es un proceso valioso para el aprendizaje de los alumnos y para la continua formación de los profesores.

Como he podido comprobar, los alumnos **llegan a las aulas con diversas ideas previas** sobre lo que es la <<fuerza>>, debido principalmente a sus **experiencias diarias** y al **lenguaje**

cotidiano. He realizado diversas actividades con el fin de conocer sus ideas previas, que los alumnos fueran conscientes de sus ideas y que se sintieran insatisfechos con aquellas que eran erróneas, y ayudarles a encontrar una apropiación científica de estos conceptos. Elegí actividades cualitativas de fuerzas en situaciones cotidianas para que entendieran el significado de éstas, y no limitándose a problemas de composición de fuerzas o aplicación de cálculos de leyes.

Durante este trascurso de tiempo, me di cuenta de la importancia de que los alumnos **estén motivados a aprender** y que presenten una **actitud positiva** hacia la superación de ideas preconcebidas, por lo que el **buen ambiente en el aula** es un factor determinante para lograr un aprendizaje significativo.

En cuanto a los resultados, en general, se pudo apreciar una disminución bastante notable de los errores conceptuales. Sin embargo, considero debido al carácter de permanencia que se le atribuye a las ideas previas, que este cambio fuera más apreciable debido a que el postest se realizó una semana después de mi intervención. Además, es probable que con el tiempo, **algunas ideas vuelvan a sus orígenes**, pues es un proceso lento y gradual que requiere de exponer estas mismas ideas a diferentes situaciones conflictivas a lo largo de la enseñanza.

Las mejoras más destacables fueron en la consideración de las *fuerzas como interacción no como posesión*; *definición en términos de efectos y no mediante otros conceptos científicos distintos o cotidianos ambiguos*; y en *la consideración de fuerzas que no van en la dirección y sentido del movimiento*. Además, cabe destacar, un **enriquecimiento del lenguaje científico**.

Bien es cierto que esta mejora generalizada puede ser debida a la realización de actividades muy focalizadas en intentar detectar y modificar unos errores determinados, o al hecho de que los alumnos estaban iniciándose en la Dinámica y podían no tener tanta seguridad en sus ideas como los alumnos de cursos superiores que las han usado durante más tiempo.

Como mejoras del TFM me gustaría recalcar el haber podido disponer de más tiempo para la realización de actividades orientadas a modificar las ideas erróneas de los alumnos, pudiendo así utilizar otras técnicas en el aula como el trabajo en grupo para analizar y discutir estas ideas en lugar de trabajarlas con el grupo en conjunto.

6. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Alonso Polvorosa, J. D. & Simón Alonso, B. (2015). *Física y Química 3º ESO*. Barcelona, España: Grupo Edebé.

- Arcà, M., Guidoni, P. & Mazzoli, P. (1990). *Enseñar ciencia, cómo empezar: reflexiones para una educación científica de base*. Barcelona, España: Ediciones Paidós.

- Ausubel, D. P., Novak, J. D., Hanesian, H. & Pineda, M. S. (1976). *Psicología educativa: un punto de vista cognoscitivo*. Ciudad de México, México: Trillas.

- Blanco, M., Brandi, A., Garrido, B., de Luis, P., Madrid, M. Á., Meléndez, I., . . . Zarzuelo, C. (2008). *Essential Natural Science 2*. Madrid, España: Grupo Santillana/Richmond Publishing.

- Briuolo, P., Costa, A., Domenech, G., Kauderer, M. & Lacreu, L. (2001). *Ciencias Naturales: Las fuerzas y el movimiento*. Extraído de: http://www.buenosaires.gob.ar/areas/educacion/curricula/pdf/primaria/aportes/areas/naturales/fuerzas_y_movimiento/cn-fuerzas_y_movimientoweb.pdf

- Clement, J. (1982). Students' preconceptions in introductory mechanics. *American Journal of physics*, 50(1), 66-71.

- Driver, R. (1986). Psicología cognoscitiva y esquemas conceptuales de los alumnos. *Enseñanza de las Ciencias*, 4(1), 3-15.

- Driver, R. (1993). *Una visión constructivista del aprendizaje y sus implicaciones para la enseñanza de las Ciencias*. Diez años de investigación e innovación en enseñanza de las ciencias. Madrid: Centro de publicaciones del Ministerio de Educación y Ciencia.

- Driver, R., Guesne, E. & Tiberghien, A. (1989). *Ideas científicas en la infancia y la*

adolescencia. Madrid, España: Ediciones Morata.

- Driver, R., Squires, A., Rushworth, P. & Wood-Robinson, V. (1999). *Dando sentido a la ciencia en secundaria: investigaciones sobre las ideas de los niños*. Madrid, España: Visor.

- García Hourcade, J. & Rodríguez de Avila, C. (1988). Ideas previas, esquemas alternativos, cambio conceptual y el trabajo en el aula. *Enseñanza de las Ciencias*, 6(2), 161-166.

- Gilbert, J. & Watts, D. M. (1983). Concepts, Misconceptions and Alternative Conceptions: Changing Perspectives in Science Education. *Studies in Science Education*, 10(1), 61-98.

- Gilbert, J. K. & Zylbersztajn, A. (1985). A conceptual framework for science education: The case study of force and movement. *The European Journal of Science Education*, 7(2), 107-120.

- González Báez, A. (2010). "Los pilares básicos del constructivismo*". Innovación y experiencias educativas*, 34.

- Hewson, P. & Beeth, M. (1995). Enseñanza para un cambio conceptual: ejemplos de fuerza y de movimiento. *Enseñanza de las Ciencias*, 13(1), 25-35.

- Hierrezuelo, J. & Montero, A. (1988). *La ciencia de los alumnos: su utilización en la didáctica de la Física y Química*. Málaga, España: Laia.

- Jean, P. (1981). La teoría de Piaget. *Infancia y Aprendizaje*, 4(2), 13-54.

- Jiménez Aleixandre, M. P. & Bautista García-Vera, A. (1992). *Teoría y práctica del currículo.* Extraído de: https://books.google.es/books?hl=es&lr=&id=r0BWxZAzTO0C

&oi=fnd&pg=PP1&dq=Teor%C3%ADa+y+pr%C3%A1ctica+del+curr%C3%ADculo&ots=wvCxb4NX9&sig=QPkXEJ7dhS1N2pk6qil2BD8UF1E#v=onepage&q=Teor%C3%ADa%20y%20pr%C3%A1ctica%20del%20curr%C3%ADculo&f=true

- Jiménez Prieto, R. & Torres Verdugo, P. M. (2015). *Física y Química 3º ESO*. Madrid, España: Grupo Editorial Bruño.

- McDermott, L. C. (1997). Bridging the gap between teaching and learning: The role of research. *AIP Conference Proceedings*, 399(1), 139-166.

- Merino Cuadau, R., Cilleros Jellinek, A., García Calveras, M., Ruiz Gil, E., Martínez Tribó, L. & Jiménez Viñals, R. (2011). *Ciencias de la Naturaleza 2º ESO*. Barcelona, España: Grupo Edebé.

- Mora, C. & Herrera, D. (2009). Una revisión sobre ideas previas del concepto de fuerza. *Latin-American Journal of Physics Education*, 3(1), 13.

- Panadero Cuartero, J. E., Lozano Montero, A., Argüello Gonzáles, J. Á., Olazábal Flórez, A., Bayón Fernández, A. M., Bayón Fernández, A. & Fuente Flórez, M. R. (2008). *Ciencias de la Naturaleza 2º ESO*. Madrid, España: Grupo Editorial Bruño.

- Posner, G. J., Strike, K. A., Hewson, P. W. & Gertzog, W. A. (1982). Accommodation of a scientific conception: Toward a theory of conceptual change. *Science Education*, 66(2), 211-227.

- Pozo, J. A., Sanz, A., Crespo, G. & Limón, M. (1991). Las ideas de los alumnos sobre la ciencia: una interpretación desde la psicología cognitiva. *Enseñanza de las Ciencias*, 9(1), 83-94.

- Profesor en línea. (s.f.). Masa y peso. Extraído de: http://www.profesorenlinea.cl/fisica/masaypeso.htm

- Sebastià, J. M. (1984). Fuerza y movimiento: la interpretación de los estudiantes. *Enseñanza de las Ciencias*, 2(3), 161-169.

- Tigre, S. (2007, Noviembre 14). Caída libre en el vacío: demostración [Vídeo]. Extraído de https://www.youtube.com/watch?v=s5QcJfMH-es.

- Unidad 4: Dinámica. Las fuerzas y sus efectos (s.f). Extraído del sitio Web del Departamento de Física y Química del IES Al-Ándalus: http://www.iesalandalus.com/joomla3/images/stories/FisicayQuimica/FQ4eso/fq4esot4_dinamica.pdf

- Vidal Fernández, M. C., Sánchez Gómez, D. & de Luis García, J. L. (2015). *Física y Química 3º ESO*. Madrid, España: Grupo Santillana.

- Vílchez González, J. M. (2010, Octubre 10). La masa y el peso. Diferencias y relaciones [Animación Flash]. Extraído de: http://www.ugr.es/~jmvilchez/flash/MasaPeso2.swf

- Vílchez González, J. M., Morales Cas, A. M. & Zubiaurre Cortés, S. (2015). *Física y Química 3º ESO*. Madrid, España: Grupo Anaya.

- Vosniadou, S. (1994). Capturing and modeling the process of conceptual change. *Learning and instruction*, 4(1), 45-69.

- Watts, D. & Zylbersztajn, A. (1981). A survey of some children's ideas about force. *Physics Education*, 16(6), 360-365.

- Zubiaurre Cortés, S., Hernández Gómez, J., Martínez Casillas, J., Osuna Alcalaya, M. C. & Plaza Escribano, C. (2012). *Ciencias de la Naturaleza 2º ESO*. Madrid, España: Grupo Anaya.

LEGISLACIÓN

- España. Decreto 23/2007, de 10 de mayo, por el que se establece para la Comunidad de Madrid el currículo de la Educación Secundaria Obligatoria. *Boletín Oficial de la Comunidad de Madrid*, 29 de mayo de 2007, 126, 48-139.

- España. Decreto 48/2015, de 14 de mayo, por el que se establece para la Comunidad de Madrid el currículo de la Educación Secundaria Obligatoria. *Boletín Oficial de la Comunidad de Madrid*, 20 de mayo de 2015, 118, 10-309.

- España. Real Decreto 1631/2006, de 29 de diciembre, por el que se establecen las enseñanzas mínimas correspondientes a la Educación Secundaria Obligatoria. *Boletín Oficial del Estado*, 5 de enero de 2007, 5, 677-773.

- España. Real Decreto 1105/2014, de 26 de septiembre, por el que se establece el currículo básico de la Educación Secundaria Obligatoria y del Bachillerato. *Boletín Oficial del Estado*, 3 de enero de 2015, 3, 169-546.

7. ANEXOS

ANEXO I. PRETEST SOBRE LAS FUERZAS

ANEXO II. ACTIVIDADES DE CONCEPTUALIZACIÓN

ANEXO III. PRESENTACIÓN DE POWERPOINT DE LAS ACTIVIDADES

ANEXO IV. POSTEST SOBRE LAS FUERZAS

ANEXO I. PRETEST SOBRE LAS FUERZAS

CUESTIONARIO INICIAL: IDEAS PREVIAS SOBRE FUERZAS

Asignatura: Física y Química **15 –20 min**
Curso: 3º ESO
Centro: IES JORGE MANRIQUE (TRES CANTOS)

1. Explica el concepto de fuerza y describe dos situaciones diferentes en relación con tu idea de fuerza.

2. Indica si son verdaderas o falsas las siguientes frases y justifica brevemente tu respuesta:

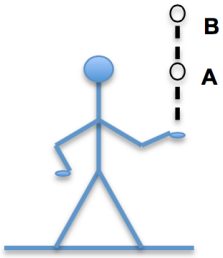
- Cuando sostenemos un libro con la mano hay que hacer una fuerza, pero si lo colocamos sobre una mesa, ésta no precisa ejercer fuerza alguna para sostener el libro.

- Las personas y los animales tienen fuerza mientras que los objetos inanimados (pared, suelo, mesa…) no tienen.

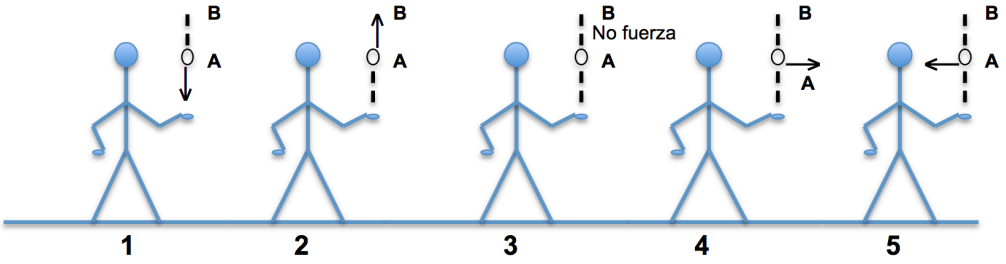
- Peso y masa son magnitudes físicas que indican lo mismo y no hay diferencias.

- El peso de un objeto en la Tierra es diferente al peso de ese mismo objeto en la Luna.

3. Ejercicio:



Un chico lanza una pelota al aire, hacia arriba. Sale de su mano pasando por el punto A y llega hasta el punto B. Cae nuevamente hacia abajo, a través del punto A. Las flechas que aparecen en las figuras siguientes indican la dirección de la fuerza que actúa sobre la pelota.

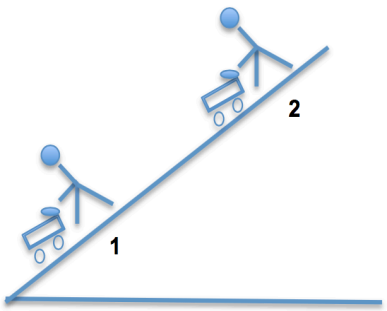


- ¿Qué figura crees que muestra mejor la fuerza que actúa sobre la pelota al SUBIR cuando pasa por A? Explicación:

- ¿Qué figura crees que muestra mejor la fuerza que actúa sobre la pelota al BAJAR cuando pasa por A? Explicación:

4. Comparar las fuerzas necesarias para sostener cada carro según la posición que ocupa en la cuesta y selecciona una de estas tres opciones: A) El carro 1 deberá ser sujetado con mayor fuerza que el carro 2. B) Habrá que ejercer la misma fuerza en los dos carros para sujetarlos. C) El carro 2 deberá ser sujetado con mayor fuerza que el carro 1.

Explicación:



ANEXO II. ACTIVIDADES DE CONCEPTUALIZACIÓN

1° SESIÓN: CONCEPTO DE FUERZA Y EFECTOS

TIPO: Grupal

DURACIÓN: 55 min.

¿EN QUÉ CONSISTE?:

Introducción al tema de fuerzas con una presentación de PowerPoint (Anexo III) para que los alumnos se den cuenta de qué son las ideas previas, y que mediante la discusión de diversas preguntas orales sobre situaciones cotidianas diferentes, sean conscientes de que tienen preconcepciones sobre el concepto de fuerza, y que éstas se van intentar superar acercándolas hacia las ideas científicas correspondientes.

CONTENIDOS PRINCIPALES:

- Las fuerzas como interacción no como posesión de los cuerpos.
- Las fuerzas no solo están relacionadas con los seres vivos.
- Fuerza como acción ejercida por un cuerpo para lograr diversos efectos en el otro cuerpo y no como energía, potencia, presión, movimiento, esfuerzo físico…
- Las fuerzas también actúan a distancia y sostener implica una fuerza de contacto.

ACTIVIDADES:

- ***Actividad I:*** ***Se les preguntará si se acuerdan de la respuesta que dieron al cuestionario inicial sobre: "¿Qué es una fuerza?" (Anexo I). A continuación, se les expondrá una síntesis de las*** **distintas contestaciones que dieron** ***y se les explicará que significa brevemente las ideas previas y su origen.***

¿Por qué? Esta primera pregunta permite comentar que muchos de ellos, explicaron lo qué era una fuerza mediante otras entidades físicas como presión, energía, potencia o movimiento, y aunque son conceptos relacionados entre sí de alguna manera, son diferentes desde la perspectiva de la Física. Por otro lado, permite explicarles que intentaron definir lo

que era fuerza desde el punto de vista cotidiano relacionando fuerza con fuerza psicológica o con esfuerzo físico, pero no desde el punto de vista científico, y que en Física tenemos que ser precisos y hablar con propiedad, pues el lenguaje científico difiere del cotidiano. Esto servirá de introducción para comentarles que todas esas contestaciones son ideas previas que poseen acerca del concepto de fuerza pudiendo a continuación, describirles brevemente las características y origen de las ideas previas, introduciendo el metaconocimiento de forma implícita.

- ***Actividad II:*** ***Enseñaré unas diapositivas con imágenes que abarquen diferentes situaciones:***

  - Una mujer empujando una caja.

  - Una mujer tirando de la correa de un perro que corre para frenarlo.

  - Una jugador de beisbol desviando la trayectoria de una pelota.

  - Un alfarero moldeando arcilla.

  - Una persona retorciendo y escurriendo un trapo.

  - Un cocinero amasando una torta de harina.

  - Una señora sosteniendo a un bebé.

  - Un niño sosteniendo un libro.

  y se les preguntará:

  "En las siguientes imágenes, existen fuerzas que actúan sobre los objetos, ¿Cómo nos damos cuenta? ¿Quién ejerce la fuerza que realiza cada acción? (en todas las imágenes serán personas) ¿Sobre qué? ¿Qué efecto provoca?" **(Briuolo, Costa, Domenech, Kauderer, & Lacreu, 2001).**

¿Por qué? Esta pregunta inicial tiene el propósito de que los alumnos comiencen a deducir el concepto físico de fuerza. Servirá para que reconozcan que las fuerzas no solo provocan acciones si no también efectos. De este modo, se incidirá en que observen como siempre que hay una fuerza es porque hay un cuerpo que realiza una acción, otro cuerpo que la recibe y se produce un efecto, es decir, hay una interacción entre dos cuerpos. De este modo, estaremos combatiendo de forma indirecta la idea de que hay cuerpos que son fuente de fuerza.

❖ ***Actividad III:*** ***Se les preguntará: "¿Los objetos ejercen fuerza?" y se discutirá. A continuación, se mostrará otro conjunto de imágenes en las cuales las fuerzas son ejercidas por objetos o animales:***

- Una locomotora arrastrando unos vagones.

- Una libro apoyado en una mesa.

- Un elefante aplastando un coche.

y se les comentará:

"En las siguientes imágenes, hay fuerzas que actúan sobre los objetos, ¿Quién ejerce la fuerza que realiza cada acción? ¿Sobre qué? ¿Qué efecto provoca?" **(Briuolo et al., 2001).**

❖ ***Actividad IV:*** ***Comentar la veracidad de una de las oraciones del cuestionario inicial: "Cuando sostenemos un libro con la mano hay que hacer fuerza, pero si lo colocamos sobre una mesa, ésta no precisa ejercer fuerza alguna para sostener el libro" (Anexo I).***

¿Por qué? Con estas dos actividades se pretende trabajar con diversas ideas previas como (Hierrezuelo & Montero, 1988):

- El carácter antropocéntrico de fuerza: Demostrar a los alumnos que todo cuerpo (persona, animal u objeto) puede ejercer fuerza sobre otro cuerpo y que las fuerzas no están relacionadas con los seres vivos. Además, observar como el concepto de fuerza no está relacionado con el esfuerzo físico. Con ese fin, analizaremos el ejemplo de sostener un libro con la mano (Actividad II) y de colocar el libro sobre una mesa (Actividad III), para que se den cuenta que en ambos casos hay que ejercer fuerza para sostener el libro aunque la mesa "no se canse".
- El carácter sustancial de la fuerza: Demostrar a los alumnos que las fuerzas no son una propiedad de las sustancia que se reparte en ella y que actúa cuando los cuerpos se ponen en contacto, siendo las únicas fuerzas <<verdaderas>> las de empujar o tirar a otros, si no que en el caso de sostener algo también existen fuerzas.

❖ ***Actividad V:*** ***Se les preguntará: "¿Los cuerpos tienen fuerza?" y se realizará un breve discusión. A continuación, se mostrará otro conjunto de imágenes de diversos cuerpos:***

- Una mesa, una lámpara encendida, una persona musculosa, una bomba, un elefante y un motor.

y se les preguntará yendo dibujo por dibujo: "¿Este cuerpo tiene fuerza?".

- ***Actividad VI:*** ***Comentar la veracidad de una de las oraciones del cuestionario inicial: "Las personas y animales tienen fuerza mientras que los objetos inanimados (pared, suelo, mesa…) no tienen" (Anexo I).***

¿Por qué? Con esta actividad se pretende trabajar con la idea previa sobre la fuerza como <<algo>> que reside dentro de los cuerpos y que la fuerza que tiene el cuerpo no es proporcional a la cantidad de actividad que puede realizar. Para que se den cuenta de que ningún cuerpo (persona, animal u objeto) tiene fuerza si no que ejerce fuerza, incidiré en lo que vimos en la Actividad II, buscar el agente y el receptor o quién realiza la acción, sobre qué y el efecto. Además, se insistirá en cómo para poder hablar de la existencia de fuerza debemos tener la presencia de dos cuerpos interaccionando, que vean que no tiene sentido hablar de la fuerza de un cuerpo aislado, cuando un cuerpo ejerce una fuerza tiene que hacerlo sobre otro cuerpo (Hierrezuelo & Montero, 1988).

A continuación, se mostrará unas premisas dónde están resumidas todas las deducciones obtenidas con las actividades y se volverán a analizar, quedando definido así el concepto de fuerza desde el punto de vista físico.

- ***Actividad VII:*** ***Se comentará la veracidad de las siguientes frases:***

"Un deportista va a ir al gimnasio a levantar pesas porque quiere estar en forma. ¿Qué frase te parece más adecuada?
Extraída de: http://www.iesalandalus.com/joomla3/images/stories/FisicayQuimica/FQ4eso/fq4esot4_dinamica.pdf

1. El deportista tiene mucha fuerza y la va a gastar levantando pesas.
2. El deportista hace mucha fuerza y es independiente de las pesas que levante.
3. El deportista no tiene fuerza, pero es capaz de hacer fuerza para levantar las pesas.

¿Por qué? Tras a ver confrontado a situaciones diferentes las ideas previas de los alumnos y a ver realizado la explicación científica, nos permite extrapolar las "nuevas ideas supuestamente adquiridas" por los estudiantes a otro contexto cotidiano. Además, este ejercicio nos permite enfrentar a los alumnos a una situación en la que, en el lenguaje cotidiano utilizamos indistintamente el concepto fuerza cuyo significado científico es diferente.

- La primera oración sirve para hablar sobre que los cuerpos no poseen fuerza y que además que fuerza y energía no son conceptos sinónimos que la "fuerza no es consumible" y no se "gasta".
- La segunda oración sirve para hablar sobre que la fuerza no está relacionada con el esfuerzo físico y que no cuanto más esfuerzo haga más me canso y más fuerza estoy ejerciendo. La fuerza es un tipo de acción que un objeto ejerce sobre otro objeto, es una interacción entre la persona y las pesas. Además, no se puede hablar de mucha o poca fuerza, si no que ejerces una fuerza de una intensidad determinada mayor o menor.
- La tercera oración sirve para comentar el por qué de su veracidad.

❖ ***Actividad VIII:*** ***Realizaremos en la pizarra una tabla para clasificar las imágenes de la Actividad II y III en función del tipo de efecto producido por la acción de las distintas fuerzas (estático y dinámico). Para ello, los alumnos tendrán que escribir detalladamente la acción que observan.***

¿Por qué? Esta actividad pretende que los alumnos sean capaces de identificar y diferenciar los dos tipos de efectos que provocan las fuerzas. Destacaremos que el efecto estático es conseguido mediante fuerzas que deforman objetos y el efecto dinámico mediante fuerzas que cambian el estado de reposo o movimiento de un cuerpo. Comentaré e insistiré en que la fuerza no es causa de movimiento si no causa de la variación de movimiento, idea previa muy arraiga sobre fuerza y movimiento que trabajaremos más adelante (Driver et al., 1989).

- ***Actividad IX:*** ***Se mostrarán todas las imágenes analizadas para comentar por qué creen que son fuerzas de contacto. A continuación, se preguntará: "¿Conocéis alguna fuerza a distancia?".***

  Tras comentar las ideas aportadas por los alumnos pondremos los siguientes ejemplos visuales con el material correspondiente, y se dirá: "En el siguiente ejemplo, hay fuerzas que actúan sobre los objetos, ¿Cómo nos damos cuenta? ¿Quién ejerce la fuerza que realiza cada acción? ¿Sobre qué? ¿Qué efecto provoca?".

  – Cogeré un bolígrafo con la mano y lo dejaré caer al suelo.

  – Frotaré un globo contra un jersey de lana y lo acercaré a mi cabello.

  – Atraeré una bola de metal mediante un imán.

  ¿Por qué? Esta actividad me permitirá analizar de forma visual y discutir, mediante objetos de la vida cotidiana, las diferencias entre fuerzas de contacto y fuerzas a distancia. Pero lo más importante es que permite incidir en la interacción de fuerzas, su carácter no antropocéntrico y en que las fuerzas no sólo existen cuando dos cuerpos se ponen en contacto.

5° SESIÓN: FUERZA Y GRAVEDAD

TIPO: Grupal

DURACIÓN: 40 min.

¿EN QUÉ CONSISTE?

A partir de una presentación de PowerPoint (Anexo III), se realizarán diversas preguntas orales, para plantear diferentes conflictos relacionados con las ideas previas que tienen los alumnos acerca de la fuerza y la gravedad, con la finalidad de que sean conscientes de ellas e intenten modificar las erróneas.

CONTENIDOS PRINCIPALES:

- La diferencia entre peso y masa conceptualmente diferentes en Física.
- La gravedad actúa siempre y no solo cuando los objetos caen o en presencia de aire.
- La relación entre peso y gravedad, la gravedad no solo actúa en el espacio exterior.

ACTIVIDADES:

❖ ***Actividad X:*** ***Se proyectará una diapositiva, que contenga la siguiente pregunta: "¿Cuánto pesas?".*** **Extraído de http://www.ugr.es/~jmvilchez/flash/MasaPeso2.swf**

– Si dicen solamente un número, tendrán que recapacitar de nuevo, pues una medida se expresa siempre mediante un número seguido de una unidad.

– Si dicen "kilos", tendrán que pensar otra vez, pues kilo significa 1000, es un sufijo pero no es unidad de ninguna magnitud.

– Tras repasar las unidades del S.I y pensar de nuevo, si dicen "kilogramos", se les dirá que tampoco es correcto.

Entonces se les dirá que "¿Qué debéis responder?", se comentará las posibles respuestas y se concluirá con que la pregunta correcta a hacer debería haber sido: "Cuánto peso…¿dónde?".

¿Por qué? Esta actividad permitirá demostrar a los alumnos cómo nos estamos enfrentando a una situación en la que, en el lenguaje cotidiano utilizamos indistintamente dos términos como son masa y peso, y cuyo significado científico es completamente diferente. Explicándoles que las soluciones que ellos dan, es a la pregunta "¿Cuánto maso?" y no a "¿Cuánto peso?". De este modo, los alumnos irán proponiendo las posibles diferencias existentes entre masa y peso e iremos analizándolas de forma conjunta, haciendo que los alumnos realicen un cuadro resumen en sus libretas como en la Tabla 5.

Tabla 5. *Diferencias entre los conceptos masa y peso. Extraída de http://www.profesorenlinea.cl/fisica/masaypeso.htm*

Características de MASA	**Características de PESO**
1. Es la cantidad de materia que posee un cuerpo.	1. Es la fuerza con la que la Tierra (o cualquier otro astro) atrae a otros cuerpos.
2. Su unidad, en el S.I., es el kilogramo (kg).	2. Su unidad, en el S.I., es el newton (N).
3. Se mide con la balanza.	3. Se mide con el dinamómetro
4. Es una magnitud escalar.	4. Es una magnitud vectorial.
5. Su valor es constante, independiente de la altitud y latitud.	5. Varía según la posición, depende de la altitud y latitud.
6. Es una característica del cuerpo y es la misma cualquiera que sea el lugar donde se encuentre.	6. El peso depende de dónde se encuentre el objeto, de la gravedad.

Analizando todas estas características iremos trabajando sobre varias ideas previas (Hierrezuelo & Montero, 1988):

- Saber que los conceptos de masa y peso desde el punto de vista de la ciencia no son sinónimos.
- Comprender que el peso es una fuerza y, por tanto, es una magnitud vectorial que siempre tiene dirección vertical y sentido hacia abajo, independientemente de que el cuerpo se apoye en una superficie inclinada.
- Entender que los cuerpos caen hacia el centro de la Tierra y no hacia un abajo absoluto o a la superficie de la Tierra.
- Interiorizar que todos los cuerpos están sometidos a la acción de la gravedad, ya sea un libro apoyado sobre una mesa, un lápiz que tiro al suelo o un barco flotando en el agua y todos con una gravedad o aceleración de 9,8 N/Kg. No la creencia de que la

gravedad solo actúa cuando los objetos comienzan a caer. Para ello, presentaremos diferentes ejemplos para analizar la fuerza peso.

- ***Actividad XI:*** ***Comentar la veracidad de una de las oraciones del cuestionario inicial: "Peso y masa son magnitudes físicas que indican lo mismo y no hay diferencias" (Anexo I).***

¿Por qué? Esta actividad sirve para reafirmar e interiorizar las diferencias entre masa y peso, y que los alumnos comprendan que no son conceptos físicos similares.

- ***Actividad XII:*** ***Explicar como calcular el peso para que cada alumno calcule su peso en la Tierra. Se les preguntará, ¿Y si estuviésemos en la superficie de la Luna? ¿Hay gravedad en la Luna? ¿Cuál sería nuestro peso? Se discutirá sobre ello y se calculará.***

- ***Actividad XIII:*** ***Comentar la veracidad de una de las oraciones del cuestionario inicial relacionada con las ideas previas anteriores: "El peso de un objeto en la Tierra es diferente al peso de ese mismo objeto en la Luna" (Anexo I).***

- ***Actividad XIV:*** ***Se les preguntará: "¿Qué ocurriría si hiciéramos el vacío en clase?". Mostrando la imagen de una balanza en el interior de una campana al vacío, se les preguntará, "¿Marcará el mismo valor la balanza cuando extraigamos el aire contenido en el interior de la campana?"*** **(Hierrezuelo & Montero, 1988).**
  Visualizaremos un video dónde se realiza una experiencia de caída libre de los cuerpos en un tubo en el que previamente se ha hecho el vacío, así como la famosa caída del martillo y la pluma en la Luna donde no hay aire.
  En https://www.youtube.com/watch?v=s5QcJfMH-es

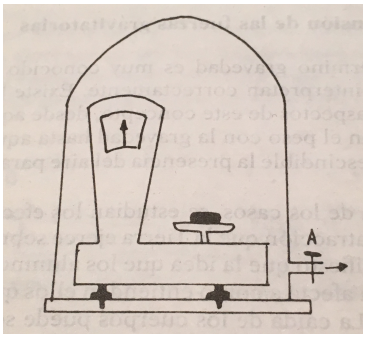


Figura 25. Balanza en el interior de una campana al vacío. Extraída del libro *La ciencia de los alumnos: su utilización en la didáctica de la Física y Química* (Hierrezuelo & Montero, 1988).

¿Por qué? Estas actividades harán que los alumnos se planteen varias ideas previas (Hierrezuelo & Montero, 1988):

- Algunos alumnos poseen la creencia de que el peso y la gravedad son dos cosas distintas, que la gravedad está asociada a la caída de los cuerpos al actuar sobre el peso de los mismos y que el peso es una propiedad intrínseca de los cuerpos.
- La creencia errónea de que en ausencia de aire no actúa la gravedad (en la Luna no hay gravedad) o que sólo hay gravedad en la Tierra. Por ello, no limitaremos los efectos gravitatorios a la atracción que la Tierra ejerce sobre los cuerpos.

❖ ***Actividad XV:*** ***Comentar varias curiosidades relacionadas con los errores científicos en las películas de ciencia-ficción relacionadas con el espacio:***

– "En el espacio no se trasmite el sonido": Errores que se ven en las películas de <<Star Wars>>, donde se oyen explosiones muy sonoras, pero que se subsanan en películas recientes como <<Gravity>> o <<Interstellar>>.

– "No considerar la gravedad en el espacio": Errores que comenten películas como <<2001: Una odisea en el espacio>> o más recientemente <<Marte>>, donde los astronautas andan como si lo hicieran en la Tierra sin considerar la gravedad tan ligera que existe.

¿Por qué? Introducir este tipo de curiosidades científicas en clase permite ayudar a combatir ideas erróneas que tienen los alumnos sobre el espacio. Muchos alumnos asocian la gravedad con el aire, debido en parte a la gran influencia de películas de ciencia-ficción sobre viajes espaciales dónde se ven a astronautas en el espacio exterior, donde no hay aire, flotando. Comentar películas nos permite explicar numerosos fenómenos y relacionarlos con conceptos abstractos de la Física. También, permite animar a los alumnos a que busquen

errores científicos cuando vean películas. También es una forma de adquirir cultura científica, de forma amena y divertida, y de intentar despertar el interés de los alumnos por la Ciencia.

7° SESIÓN: FUERZA Y MOVIMIENTO

TIPO: Grupal

DURACIÓN: 30 min.

¿EN QUÉ CONSISTE?

De nuevo, con una presentación de PowerPoint (Anexo III) se realizarán diversas preguntas orales para plantear diferentes conflictos relacionados, en esta ocasión, con las ideas previas que tienen los alumnos acerca de la fuerza y el movimiento. Destacar que este contenido se desarrollará una vez finalizado el contenido del tema, puesto que se considera que es muy importante que lo vean, a pesar de no estar en el temario del libro de texto.

CONTENIDOS PRINCIPALES:

- Puede existir movimiento en sentido contrario a la fuerza neta que actúa sobre el cuerpo.
- Sobre un cuerpo en reposo hay fuerzas que actúan sobre él.
- El movimiento constante no requiere una fuerza constante.

ACTIVIDADES:

❖ ***Actividad XVI:*** ***Se les mencionará a los alumnos los puntos más cruciales de las teorías sobre el movimiento de tres antiguos filósofos de la naturaleza muy destacados:***

1. Aristóteles y su teoría del movimiento "forzado" y el "natural".

2. Buridan y tu teoría del ímpetu.

3. Newton y su primera ley.

¿Por qué? Según Gilbert y Zylberstajn (1985), ofrecer a los alumnos una perspectiva histórica sobre las teorías de los principales científicos de la antigüedad sobre el movimiento posibilita que observen similitudes y establezcan relaciones con sus propias ideas, sirviendo como método de aprendizaje (Driver et al., 1999). Además, es una oportunidad para que los alumnos se enriquezcan de la historia de la ciencia y que comprueben como las ideas previas que ellos defienden fueron defendidas previamente por estos científicos.

❖ ***Actividad XVII:*** ***Se discutirá con los alumnos la veracidad de las siguientes oraciones sobre la estrecha relación entre movimiento y fuerza*** **(Driver et al., 1989):**

a) "Un cuerpo en movimiento se detiene cuando su fuerza se gasta".

b) "Si un cuerpo se mueve es porque tiene dentro de él una fuerza que le mantiene andando".

c) "Si un cuerpo no está en movimiento, no hay ninguna fuerza actuando sobre él".

Con esta actividad se persigue tratar diversas ideas previas como:

- La primera y segunda oración pretendía tratar de nuevo el carácter antropocéntrico de fuerza. Enfrentar a los alumnos a una situación en la que recuerden, como ya vimos en la primera sesión, que las cuerpos no tienen fuerza pero sí la ejercen cuando interaccionan con otro cuerpo.

  Ambas también procuraban tratar la teoría del ímpetu de Buridan y volver a comentar que la fuerza y la energía son conceptualmente distintas en Física y que las fuerzas no se "gastan".

  Pudiendo hablar también sobre cómo debe existir una fuerza que ha cambiado el estado de movimiento de un cuerpo de modo que la fuerza se ha opuesto al movimiento y ha conseguido que el cuerpo en movimiento se detenga (fuerza de rozamiento).

- La tercera oración sirve para analizar como la falta de movimiento no significa falta de fuerza, complementando con el análisis de diversas situaciones en la pizarra como por ejemplo una lámpara apoyada sobre una mesa donde no hay movimiento y actúan las dos fuerzas que hemos estudiado, la fuerza normal y la fuerza peso.

❖ ***Actividad XVIII:*** ***Se analizará con los alumnos las fuerzas que actuarían sobre una pelota lanzada verticalmente y horizontalmente al aire*** **(Watts & Zylbersztajn, 1981),** ***y sobre una pelota lanzada horizontalmente sobre una superficie plana*** **(Hierrezuelo & Montero, 1988).**

Se analizará con detalle, las fuerzas que actúan en el lanzamiento vertical y horizontal de una pelota, tanto en sentido ascendente como descendente (fuerza peso y fuerza rozamiento casi despreciable) como en el lanzamiento horizontal de una pelota sobre una superficie

(fuerza peso, fuerza normal y fuerza rozamiento). Después, discutiremos sobre cómo no existe una fuerza en la misma dirección y sentido del movimiento del cuerpo y que puede existir movimiento contrario a la fuerza neta que actúa sobre un cuerpo. Para ello, insistiremos en que la fuerza es una medida de la interacción entre dos cuerpos y que busquen el supuesto cuerpo que ejerce la fuerza que iría en el mismo sentido que el movimiento del cuerpo. Pudiendo hablar de nuevo sobre la teoría de Buridan del ímpetu y de Aristóteles sobre el movimiento natural de la pelota hacia la Tierra.

Por último, se les preguntará que ocurriría si este último lanzamiento se realizara en condiciones especiales como sería el vacío donde la fuerza de rozamiento es mínima y con una superficie plana y pelotas muy lisas sin apenas rugosidades, para así poder reflexionar sobre que el movimiento sería constante de forma casi infinita. Para poder hablar de este modo de la idea previa que tienen arraigada sobre que el movimiento constante requiere una fuerza constante.

- ***Actividad XIX:*** ***Se debatirá con los alumnos la pregunta del cuestionario inicial (Anexo I) sobre comparar las fuerzas requeridas para sostener un carro dependiendo de la posición que ocupa en una superficie inclinada*** **(Watts & Zylbersztajn, 1981).**

Este ejercicio provocará que los alumnos se enfrenten de nuevo a otra situación en la que tienen que realizar un análisis cualitativo de las fuerzas que actúan. Analizaremos la confusión que existe en el concepto fuerza dependiendo de la configuración del sistema en estudio y la confusión con el concepto de energía potencial.

NOTA: En la sexta sesión se trabajará sobre la fuerza de rozamiento, y cómo una idea previa arraigada a ella es que los alumnos solamente la consideren entre los sólidos y no cuando intervienen líquidos y gases. Se les planteará también la siguiente actividad para discutir sobre otras situaciones diferentes a las estereotipadas de sólidos que se mueven sobre sólidos.

- ***Actividad XX:*** ***Se dibujará en la pizarra tres situaciones en las que se vea a un hombre:***

  I) Deslizándose por un tobogán.

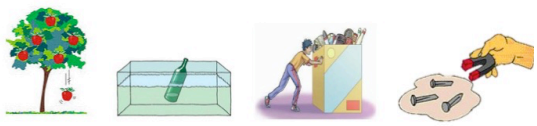
  II) Sumergiéndose en el mar.

  III) Cayendo con un paracaídas en el aire.

  Se preguntará, ¿En qué situaciones está actuando la fuerza de rozamiento? **(Hierrezuelo & Montero, 1988).**

ANEXO III. PRESENTACIÓN DE POWERPOINT DE LAS ACTIVIDADES

LAS FUERZAS Y LAS MÁQUINAS



CURSO 3º ESO

ASIGNATURA FÍSICA Y QUÍMICA
IES JORGE MANRIQUE (TRES CANTOS)

1

¿QUÉ ES UNA FUERZA?

• **Ideas que disteis al Cuestionario Inicial:**

PRESIÓN · FUERZA FÍSICA · MAGNITUD · RESISTENCIA · POTENCIA · REACCIÓN · CAPACIDAD · ENERGÍA · ESFUERZO · MOVIMIENTO · DESTRUIR O MOVER · FUERZA PSICOLÓGICA · ONDAS · ACCIÓN · PRODUCIR CAMBIOS

IDEAS PREVIAS SOBRE FUERZAS

2

IDEAS PREVIAS O ERRORES CONCEPTURALES

ORIGEN ESCOLAR · ORIGEN SENSORIAL · ORIGEN CULTURAL

IDEAS PREVIAS SOBRE FUERZAS

APRENDIZAJE DE LAS CIENCIAS ADECUADO

3

CONCEPTO DE FUERZA

1.- En las siguientes imágenes, hay fuerzas que actúan sobre los objetos, ¿Cómo nos damos cuenta?

Imagen 1 :

¿Quién ejerce la fuerza o realiza la ACCIÓN?
¿Sobre qué?
¿Qué EFECTO provoca?

ACCIÓN: La señora ejerce una fuerza sobre la caja, empujándola.
EFECTO: La caja está siendo empujada por la señora y se mueve.

4

CONCEPTO DE FUERZA

1.- En las siguientes imágenes, hay fuerzas que actúan sobre los objetos, ¿Cómo nos damos cuenta?

Imagen 2 :

¿Quién ejerce la fuerza o realiza la ACCIÓN?
¿Sobre qué?
¿Qué EFECTO provoca?

ACCIÓN: La señora ejerce una fuerza sobre el perro, tirando de él.
EFECTO: El perro está siendo estirado por la señora para que se pare.

5

CONCEPTO DE FUERZA

1.- En las siguientes imágenes, hay fuerzas que actúan sobre los objetos, ¿Cómo nos damos cuenta?

Imagen 3 :

¿Quién ejerce la fuerza o realiza la ACCIÓN?
¿Sobre qué?
¿Qué EFECTO provoca?

ACCIÓN: La niña ejerce una fuerza sobre la pelota, cambiando su trayectoria.
EFECTO: La pelota va a ser golpeada por la niña para cambiar de trayectoria.

6

Imagen 4:

Imagen 5:

Imagen 6:

Imagen 7:

Imagen 8:

¿Quién ejerce la fuerza o realiza la ACCIÓN?

¿Sobre qué?

¿Qué EFECTO provoca?

ACCIÓN:
EFECTO:

7

¿Los objetos ejercen fuerza?

1.- En las siguientes imágenes, hay fuerzas que actúan sobre los objetos, ¿Quién hace la fuerza que provoca estos efectos?

Imagen 9:

- La locomota ejerce una fuerza sobre los vagones, arrastrándolos.
- Los vagones están siendo arrastrados por la locomotora y se mueven.

Imagen 10:

- Un elefante ejerce una fuerza sobre el coche, aplastándolo.
- El coche está siendo aplastado por el elefante y se deforma.

Imagen 11:

- La mesa ejerce una fuerza sobre el libro, sujetándolo.
- El libro está siendo sujetado por la mesa y no se cae.

8

¿Los cuerpos tienen fuerza?

9

Deducimos que…Fuerza es…

- Una fuerza es **un tipo de acción** que un cuerpo (persona u objeto) ejerce sobre otro cuerpo y al aplicarla **se logra un efecto**. → INTERACCIÓN

Ej: un cuerpo ejerce una fuerza sobre otro cuerpo (lo empuja) y éste cambia su estado de movimiento.

- Debe haber dos cuerpos para poder hablar de la existencia de fuerza, tenemos que suponer la presencia de **dos cuerpos que interaccionen**.

Ej: Un cuerpo empuja y el otro es empujado.

- **Los cuerpos** no pueden ejercer fuerza sobre sí mismos, **no tienen fuerza**. **Ejercen fuerza** al interaccionar con otros.

Ej: Una caja no puede empujarse a sí misma.

10

2.- Un deportista va a ir al gimnasio a levantar pesas porque quiere estar en forma. ¿Qué frase te parece más adecuada?

1. El deportista tiene mucha fuerza y la va a gastar levantando pesas.
2. El deportista hace mucha fuerza y es independiente de las pesas que levante.
3. El deportista no tiene fuerza, pero es capaz de hacer fuerza para levantar las pesas.

LENGUAJE COTIDIANO ≠ **LENGUAJE CIENTÍFICO (FÍSICO)**

11

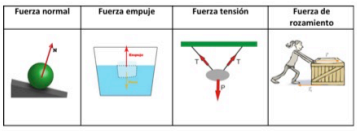
3.- Clasificar los distintos tipos de efectos (estáticos/dinámicos) producidos por la acción de las fuerzas.

1.
2.
3.
4.
5.
6.
7.
8.
9.
10.
11.

12

TIPOS DE FUERZA

- **FUERZAS DE CONTACTO**: El objeto que ejerce la fuerza **toca al objeto** sobre el que actúa.



- **FUERZAS A DISTANCIA**: El objeto que realiza la fuerza **No toca al objeto** sobre el que actúa.

MISMOS EFECTOS

13

Vamos a empezar haciéndote una pregunta que, seguro, alguna vez te han formulado:

¿CUÁNTO PESAS?

14

Si solo has pensado un número (ej.: 55), tienes que recapacitar de nuevo sobre tu respuesta:

Recuerda…

UNA MEDIDA SE EXPRESA MEDIANTE UN NÚMERO ACOMPAÑADO DE UNA UNIDAD

15

Si tu respuesta ha sido el número seguido de la palabra “kilos”…¡No es correcto!

“Kilo es un prefijo que significa 1000, pero no es una unidad de ninguna magnitud.

Repasa las unidades del Sistema Internacional y piénsalo otra vez.

16

Después de haber repasado las unidades deberías tener más claro que responder.

¿A qué conclusión llegas?¿El número seguido de la palabra “kilogramos”? Si es así, tampoco has encontrado la respuesta adecuada.

Entonces, ¿qué se debe responder?

17

No te preocupes si no has respondido correctamente.

Te estás enfrentando a una de las situaciones en las que, en el lenguaje cotidiano, usamos indistintamente dos términos cuyo significado científico es totalmente distinto.

LENGUAJE COTIDIANO ≠ **LENGUAJE CIENTÍFICO (FÍSICO)**

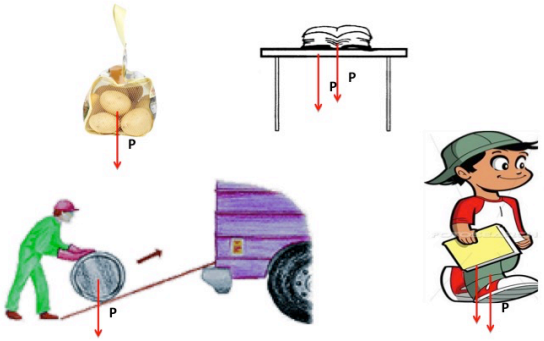
¿Sabes a qué magnitudes nos referimos?

18

Características de masa	Características de peso
1. Es la **cantidad de materia** que tiene un cuerpo. 2. Es una característica del cuerpo y **es la misma** cualquiera que sea el lugar donde se encuentre. 3. Su unidad, en el S.I., es el **Kilogramo** (kg). 4. Se mide con la **balanza**. 5. Es una **magnitud escalar**.	1. **Es la fuerza** con la que la Tierra (o cualquier otro astro) atrae a otros cuerpos. 2. El peso **depende de dónde se encuentre el objeto** y de la gravedad. 3. Su unidad, en el S.I., es el **Newton** (N). 4. Se mide con el **dinamómetro** 5. Es una magnitud **vectorial**.

19

- La dirección de la fuerza peso siempre es **vertical**, y su sentido, **hacia abajo**.



20

- La dirección de la fuerza peso siempre es **vertical**, y su sentido, **hacia abajo**.

- Todos los cuerpos están sometidos a la acción de la **gravedad (g)**. Se mide en N/Kg y depende de cada planeta.

- Los objetos caen **hacia el centro de la Tierra** y no hacia un abajo absoluto o a la superficie de la Tierra.

21

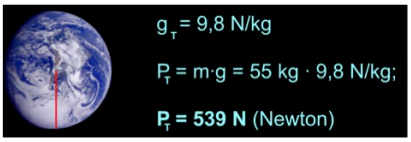
- En consecuencia, la respuesta correcta a la pregunta ¿Cuánto pesas? sería:

Cuánto peso…¿dónde?

Así pues, debemos entender que nos preguntan por el peso en el lugar donde estemos, en este caso en la Tierra.

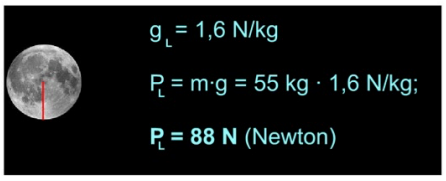
22

Para calcular tu peso tienes que multiplicar **tu masa** por el **valor de la gravedad** en el lugar en donde te encuentres, que podrás determinar mediante la ley de Newton:

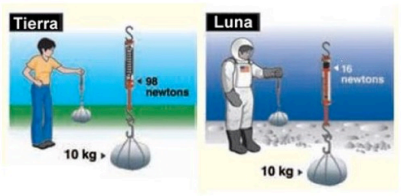


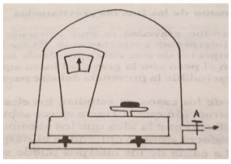
23

Pero…¿y si estuviésemos en la la superficie de la Luna?



24





25

FUERZA Y MOVIMIENTO

¿Por qué se mueven los cuerpos?

Aristóteles
(384–322 a.C)

Aristóteles distinguía entre el movimiento **"forzado" y el "natural"**.
Aristóteles afirmaba que **sin fuerza no hay movimiento**, pero….¿ES ESTO VERDAD?

Jean Buridan
(Siglo XIV)

Buridan desarrollo su **teoría del "impetu"**: la fuerza que mantiene el movimiento está constituida por el "impetu", **una fuente interna de fuerza** que se le proporciona al objeto.

Isaac Newton
(1642–1727 a.C)

Primera Ley de Newton o **ley de la inercia**: que un cuerpo sobre el que **no actúan fuerzas externas** (o las que actúan se anulan entre sí) permanecerá en **reposo o moviéndose a velocidad constante**.

- INTERACCIÓN

26

Deducimos que…Fuerza es…

- Una fuerza es **un tipo de acción** que un cuerpo (persona u objeto) ejerce sobre otro cuerpo y al aplicarla **se logra un efecto**. ⟶ INTERACCIÓN

Ej: un cuerpo ejerce una fuerza sobre otro cuerpo (lo empuja) y éste cambia su estado de movimiento.

- Debe haber dos cuerpos para poder hablar de la existencia de fuerza, tenemos que suponer la presencia de **dos cuerpos que interaccionen**.

Ej: Un cuerpo empuja y el otro es empujado.

- **Los cuerpos** no pueden ejercer fuerza sobre sí mismos, **no tienen fuerza**. **Ejercen fuerza** al interaccionar con otros.

Ej: Una caja no puede empujarse a sí misma.

27

"Un cuerpo en movimiento se detiene cuando su fuerza se gasta." FALSO

LOS CUERPOS NO TIENEN FUERZA

¿Por qué se paran los cuerpos?

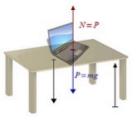
28

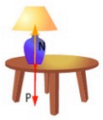
"Si un cuerpo se mueve es porque tiene dentro de él una fuerza que le mantiene andando." FALSO

LOS CUERPOS NO TIENEN FUERZA

LOS CUERPOS EJERCEN FUERZA AL INTERACCIONAR CON OTROS

"Si un cuerpo no está en movimiento, no hay ninguna fuerza actuando sobre él." FALSO

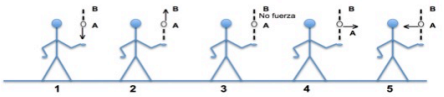




29

3. Ejercicio:

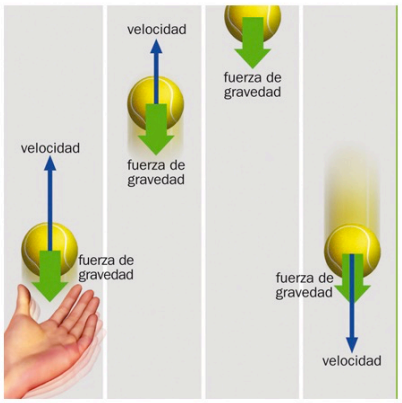
Un chico lanza una pelota al aire, hacia arriba. Sale de su mano pasando por el punto A y llega hasta el punto B. Cae nuevamente hacia abajo, a través del punto A. Las flechas que aparecen en las figuras siguientes indican la dirección de la fuerza que actúa sobre la pelota.



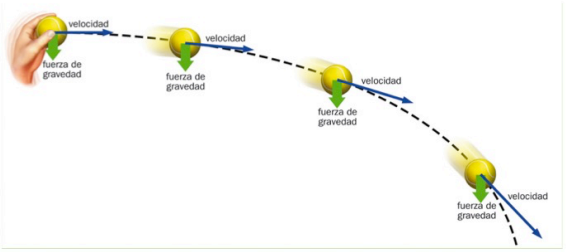
- ¿Qué figura crees que muestra mejor la fuerza que actúa sobre la pelota al SUBIR cuando pasa por A? Explicación:

- ¿Qué figura crees que muestra mejor la fuerza que actúa sobre la pelota al BAJAR cuando pasa por A? Explicación:

30

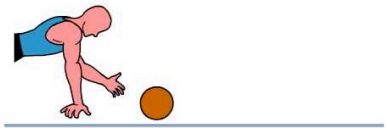


31



32

Dibujar las fuerzas que actúan sobre una bola que rueda por el suelo:



33

"Si un cuerpo se está moviendo es porque hay una fuerza que actúa sobre él en la misma dirección y sentido del movimiento."

FALSO

"El movimiento constante necesita de la aplicación de una fuerza constante."

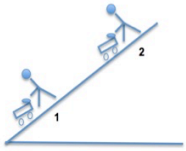
FALSO

La fuerza no es la responsable del movimiento si no la causa de un cambio en el estado de reposo o movimiento de un cuerpo.

34

4. Comparar las fuerzas necesarias para sostener cada carro según la posición que ocupa en la cuesta y selecciona una de estas tres opciones: A) El carro 1 deberá ser sujetado con mayor fuerza que el carro 2. B) Habrá que ejercer la misma fuerza en los dos carros para sujetarlos. C) El carro 2 deberá ser sujetado con mayor fuerza que el carro 1.

Explicación:



35

ANEXO IV. POSTEST SOBRE LAS FUERZAS

CUESTIONARIO FINAL SOBRE FUERZAS

Asignatura: Física y Química **15 –20 min**
Curso: 3º ESO
Centro: IES JORGE MANRIQUE (TRES CANTOS)

1. Explica el concepto de fuerza y describe dos situaciones diferentes en relación con tu idea de fuerza.

2. Indica si son verdaderas o falsas las siguientes frases y justifica brevemente tu respuesta:

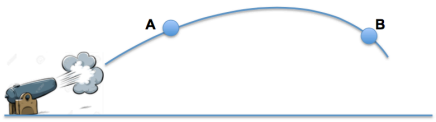
- Sobre un cuerpo que no está en movimiento, como un libro apoyado en una mesa, no existen fuerzas que actúan.

- Una persona tiene fuerza pero una mesa no tiene fuerza.

- Peso y masa son magnitudes físicas que indican fuerza de atracción.

- El peso de un objeto en la Tierra es diferente al peso de ese mismo objeto en la Luna donde sería cero.

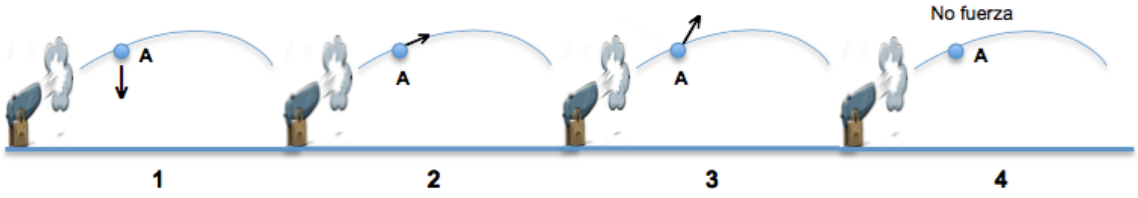
3. Ejercicio:



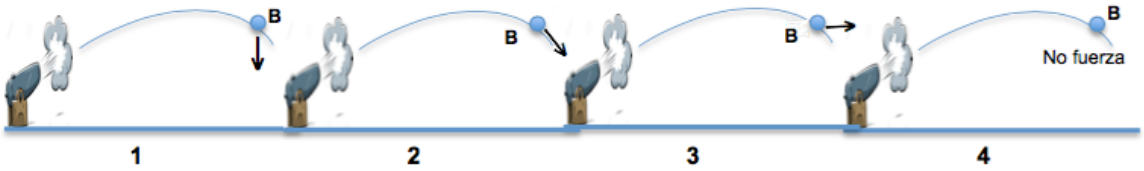
Un cañón lanza una bola de hierro al aire. Los puntos A y B son dos diferentes posiciones en la trayectoria de la bola. La bola comienza a subir pasando por el punto A. Tras alcanzar una cierta altura, la bola comienza a descender pasando por el punto B.

Las flechas que aparecen en las siguientes figuras representarían la dirección y el sentido de la fuerza que actúa sobre la bola.

- ¿Qué figura crees que muestra mejor la fuerza que actúa sobre la bola al pasar por el punto A? Explicación:



- ¿Qué figura crees que muestra mejor la fuerza que actúa sobre la bola al pasar por el punto B? Explicación:



4. A dos vecinas, una que vive en el primer piso (1) y otra que vive en el tercer piso (3) se les cae una maceta de igual masa y a la vez desde sus balcones. Comparar las fuerzas necesarias para sostener cada maceta, para que no se caiga, según la posición de cada vecina y selecciona una de estas tres opciones: A) La maceta del balcón 1 deberá ser sujetada con mayor fuerza que la maceta del balcón 3. B) Habrá que ejercer la misma fuerza sobre las dos macetas para sujetarlas. C) La maceta del balcón 3 deberá ser sujetada con mayor fuerza que la maceta del balcón 1.

Explicación: