

TRABAJO FIN DE MÁSTER
UNIVERSIDAD DE ALMERÍA
FACULTAD DE EDUCACIÓN



*Máster en Investigación y Evaluación Didáctica en el
Aula para el Desarrollo Profesional Docente*
Curso 2018-2019

**INDAGACIÓN EN EL AULA:
CONSTRUYENDO UN MODELO DE
LAS FUERZAS EN TERCERO DE ESO.**

Almería, Junio de 2019

Alumno: Ángel García Principal

**Trabajo dirigido por:
María Martínez Chico y
Rafael López-Gay Lucio-Villegas
Departamento de Educación**

RESUMEN

Con la realización de este trabajo, se ha pretendido poner de manifiesto las posibilidades que ofrece la enseñanza de las ciencias por medio de la indagación y la modelización en el aula; centrándonos en este trabajo en la enseñanza de las fuerzas en el tercer curso de la enseñanza secundaria obligatoria. Para ello, se ha obtenido información, por medio de diferentes instrumentos de recogida de datos, sobre los procesos que tienen lugar durante la implementación de este tipo de enseñanza, como el diseño de una secuencia de actividades, organizadas de manera que promuevan la enseñanza por indagación; los efectos producidos por la implementación de la secuencia; la evolución de las ideas de los alumnos, con las que explican los fenómenos relacionados con las fuerzas; y la percepción que tienen los estudiantes de su evolución en cuanto a los conocimientos y procedimientos adquiridos, y las emociones que han sentido, a lo largo del proceso de enseñanza-aprendizaje. De esta manera, se ha podido observar que los estudiantes le encuentran sentido a los contenidos y procedimientos trabajados en la secuencia diseñada (organizada para favorecer la indagación), estando en consonancia esto con una creciente demanda de una enseñanza de las ciencias centrada en los estudiantes para favorecer en ellos el despertar de la vocación científica.

Palabras clave

Enseñanza de las ciencias, Prácticas científicas, Competencia científica, Indagación y Modelización, Concepciones alternativas, Secuencia de actividades por indagación, Auto percepción del alumnado, Emociones positivas y negativas.

ÍNDICE

1.- EL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN	5
1.1.- Planteamiento del problema	5
1.2.- Contexto personal y justificación del estudio	7
1.3.- Objetivos de la investigación	8
1.4.- Limitaciones que se pueden encontrar	9
2.- MARCO TEÓRICO	10
2.1.- Concepciones del estudiante	10
2.2.- Prácticas científicas y competencia científica	12
2.3.- Un enfoque que promueve las prácticas científicas en el aula	12
2.4.- Análisis de propuestas de enseñanza de las Fuerzas	13
3.- METODOLOGÍA	16
3.1.- Diseño metodológico	16
3.2.- Informantes y cuestiones éticas	18
3.3.- Técnicas e instrumentos de obtención de información	19
3.4.- Presentación de resultados	21
4.- RESULTADOS DE LA INVESTIGACIÓN	22
4.1.- Propuesta de diseño de una secuencia de actividades fundamentada	23
4.2.- Resultados de implementación de la secuencia de actividades	36
4.3.- Evolución de las ideas del alumnado (dominio del contenido)	40
4.4.- Autopercepción del alumnado de lo aprendido y sentido	46
4.4.1.- Autopercepción del alumnado de lo aprendido.	46
4.4.2.- Emociones experimentadas por el alumnado.	51
5.- DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS	56
6.- CONCLUSIÓN	59
6.1.- Conclusión	59
6.2.- Reflexión sobre la propia mejora como docente-investigador	62
6.3.- Limitaciones del estudio y prospectiva de futuro	62
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	63

ANEXOS	66
Anexo I. Diario del investigador	66
Primera sesión: Actividades 1, 2 y 3 (Bloque I de indagación).	66
Segunda sesión: Actividades 4 y 5 (Bloque I de indagación).	72
Tercera sesión: Actividades 6 y 7 (Bloque I de indagación).	78
Cuarta sesión: Actividad 8 (Bloque I de indagación).	82
Quinta sesión: Actividades 9, 10, 11 y 12 (Bloque II de modelización).	84
Sexta sesión: Actividades 13, 14, 15 y 16 (Bloque II de modelización).	86
Séptima sesión: Actividades 17 y 18 (Bloque III).	88
Octava sesión: Actividades 19, 20 y 21 (Bloque III).	91
Anexo II. Discusión grupal final	93
Opiniones del alumnado sobre la propuesta vivida.	93
Transcripción del grupo A.	95
Transcripción del grupo B.	98
Anexo III. Cuestionario de autoevaluación para el alumnado	102
Anexo IV. Datos del cuestionario de autorreflexión	103
Tabulación de resultados del grupo A.	103
Tabulación de resultados del grupo B.	106
Anexo V. Datos de los cuestionarios sobre ideas de fuerzas	109

1.- EL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

1.1.- Planteamiento del problema

Actualmente, existe una creciente demanda de una enseñanza de las ciencias a nivel competencial, entendiendo por competencias, los conocimientos, habilidades y actitudes apropiadas para desenvolverse adecuadamente en distintos contextos de la vida diaria (UE, 2006).

También existe una demanda de un mayor protagonismo de la alfabetización científica como objetivo internacional clave para hacer frente a los actuales desafíos de la humanidad según la OECD (2016); pudiendo favorecerse por un proceso de investigación orientada que permita a los alumnos enfrentarse a problemas relevantes y re-construir los conocimientos científicos, que habitualmente se transmiten ya elaborados (Garmendia y Guisasola, 2015).

Por lo tanto, existe una creciente demanda de una enseñanza de las ciencias centrada en el alumnado, para aprender tanto los contenidos conceptuales como los procedimentales, mediante las prácticas propias de la ciencia, que además favorezca el despertar de la vocación científica en los estudiantes (Unesco, 2016).

Sin embargo, la enseñanza de las ciencias, en la actualidad, sigue afrontándose con un enfoque más tradicional, centrada en el discurso del docente como medio para la transmisión de los contenidos científicos. Este tipo de enseñanza, eminentemente teórica, que no utiliza las dinámicas de trabajo de grupo y experimentación, genera actitudes desfavorables, como la desmotivación del alumnado, o el rechazo de este hacia el estudio de las ciencias, como indican los trabajos de Robles, Solbes, Cantó, y Lozano (2015).

Todo esto, pone de manifiesto la necesidad de una enseñanza que siga un enfoque centrado en el alumnado, que promueva su participación en la prácticas científicas, y que lo sitúe en el centro del proceso de enseñanza-aprendizaje, con el fin de hacerlo partícipe en la búsqueda de explicaciones a los fenómenos naturales conocidos, despertando el interés y motivación de este por la ciencia.

Para ello, se ha demostrado la eficacia de determinados enfoques de enseñanza, como el basado en el aprendizaje por indagación, considerado por Bevins y Price (2016) como:

El mejor método para enseñar ciencias, promover habilidades de investigación en los estudiantes, y ayudarles a interiorizar nuevo conocimiento en la búsqueda de respuesta a preguntas científicas, previamente formuladas; permitiéndole aumentar su comprensión y motivación, y mejorando su actitud hacia la práctica científica. (p.19)

En relación con esto, el informe publicado por la Federación Europea de Academias Nacionales de Ciencias y Humanidades en 2012, titulado "Una renovación de la educación científica en Europa", resalta la importancia de la "educación basada en la investigación" como medio para apoyar el interés de los estudiantes en la ciencia.

Por otro lado, en la enseñanza de las fuerzas, contenido científico en torno a cuya enseñanza-aprendizaje se centrará este trabajo, existen grandes dificultades relativas al cambio, que habitualmente se pretende llevar a cabo en los estudiantes, en la manera de explicar las fuerzas, desde una mecánica aristotélica, o de sentido común, a una mecánica newtoniana. Además, este cambio no es perdurable en el tiempo, especialmente en la enseñanza de las fuerzas; lo que pone en cuestión la eficacia de la manera en la que se aborda este tipo de contenidos tradicionalmente, pretendiendo un cambio radical, en el esquema mental del estudiante.

Por lo tanto, con las secuencias de enseñanza por indagación, se introduce una nueva forma de abordar la enseñanza, partiendo de una situación cotidiana, para construir después el modelo científico de manera progresiva; en consonancia con la pretendida alfabetización científica, y con la adquisición de la competencia científica, requerida por la normativa. Es decir, resulta relevante desarrollar secuencias de enseñanza basadas en la indagación, implementarlas en el aula y evaluar su eficacia, con el fin de introducir propuestas de mejora en las mismas.

1.2.- Contexto personal y justificación del estudio

Mi primera toma de contacto con este enfoque de enseñanza (basado en la indagación), fue en el máster de profesorado del curso 2010-2011 con los profesores de la parte específica, en la especialidad de física y química, María Rut Jiménez Liso y Rafael López-Gay. Ya en aquel momento, me sedujo este tipo de enseñanza, siendo consciente de la importancia de la misma, para la consecución de un aprendizaje de las ciencias diferente, que realmente fuera significativo.

Sin embargo, mi incorporación como profesor en la enseñanza secundaria no se produjo hasta noviembre del año 2016; siguiendo desde entonces, una metodología de enseñanza de tipo tradicional, expositiva y apoyada en los diferentes tipos de manuales de texto. El tiempo transcurrido desde la realización del máster de profesorado hasta mi incorporación a la docencia, una mayor familiarización con un tipo de enseñanza más tradicional, la escasez de secuencias de enseñanza por indagación, o la inseguridad debida al desconocimiento de la metodología como para poder concretar una propuesta de este tipo, pueden ser algunas de las causas de que no hubiera implementado esta metodología.

La segunda toma de contacto, tiene lugar en la asignatura: “La evaluación en ciencias y matemáticas como vía para el desarrollo profesional”, impartida por María Martínez Chico en el presente máster. Esto me lleva a la determinación de querer realizar el trabajo fin de máster bajo la dirección de María, con el objetivo de hacer realidad mi firme propósito de ser capaz de llevar a cabo la implementación y la evaluación de una secuencia de enseñanza basada en la indagación; resultando esto posible gracias a la oportunidad que se me ha brindado por parte de María Martínez Chico y Rafael López-Gay.

A partir de este punto, durante el proceso experimentado en la realización de este trabajo, he perseguido el enriquecimiento de mi práctica docente mediante la formación en enseñanzas innovadoras como la indagación y la modelización, tratando de promover resultados positivos tanto en el aprendizaje de los conceptos como en los procedimientos científicos puestos en juego.

Además, cuando se trata de llevar a cabo una secuencia de este tipo, surgen una serie de interrogantes a tener en cuenta: ¿A quién va dirigida? ¿Qué contenidos, procedimientos y competencias se van a trabajar? ¿En qué orden se van a estudiar? ¿Qué concepciones del alumnado pueden aflorar? ¿De qué tiempo y recursos dispongo para ello? ¿Qué contexto o situación problematizada podemos usar para trabajar todos los contenidos y procedimientos que queremos trabajar? ¿Qué tipo de actividades podemos proponer? ¿Cómo evaluamos la secuencia? ¿De qué instrumentos se puede hacer uso para recoger la información? ¿Cómo presentamos y analizamos dicha información?, etc.

De manera que, gracias a la formación recibida, la revisión bibliográfica realizada y las orientaciones y reuniones mantenidas con mis tutores, he tratado de ir dando respuesta a cada uno de los interrogantes surgidos en el proceso de investigación. He ido construyendo el conocimiento necesario, erigiéndose dicho proceso en el principal artífice formador en la metodología de indagación y modelización en la que quiero profundizar; cuyos elementos vertebradores son el conocimiento de las concepciones del estudiante, las prácticas científicas puestas en juego en dicho aprendizaje, y un enfoque de enseñanza apropiado para organizar el propio proceso de aprendizaje mediante las prácticas científicas.

1.3.- Objetivos de la investigación

Existe un amplio consenso en la Didáctica de las Ciencias Experimentales sobre la coherencia y fundamento de los enfoques de enseñanza por indagación. No obstante, su aplicación en las aulas no se encuentra muy extendida y se necesita información sobre el proceso de diseño e implementación de este tipo de enseñanza en condiciones reales de aula.

Por lo tanto, la finalidad de este trabajo es obtener información sobre las posibilidades del enfoque de enseñanza de las ciencias basado en indagación y modelización en la enseñanza secundaria obligatoria, y comprender los procesos que tienen lugar durante su implementación; para lo que se han establecido una serie de objetivos específicos (OE) que se presentan a continuación.

En primer lugar, se pretende concretar una secuencia de actividades basada en un enfoque de enseñanza por indagación, para el aprendizaje de las ciencias, adaptada a los estudiantes de tercero de la ESO, y al tiempo del que se dispone para ello **(OE1)**; teniendo en cuenta la idoneidad de este tipo de enseñanza (descrito en el apartado 1.1 de este trabajo) para el aprendizaje de las ciencias.

En segundo lugar, se pretende comprender lo que sucede cuando se implementa dicha secuencia, desde la perspectiva del docente y de los estudiantes **(OE2)**; mediante el análisis de la información obtenida.

Y en tercer lugar, se pretende realizar una valoración del efecto de la secuencia en el aprendizaje de los estudiantes, así como en su percepción sobre lo que han aprendido, sus emociones puestas en juego, y la acogida general de la propuesta **(OE3)**; en consonancia con la idea de una enseñanza de las ciencias centrada en el alumnado, en pos del despertar de la vocación científica de este.

1.4.- Limitaciones que se pueden encontrar

Un aspecto que ha de ser tenido en cuenta, son las limitaciones que se pueden encontrar en torno a la secuencia de actividades a implementar. Por ejemplo, no es habitual el uso de este tipo de enseñanza por indagación en la enseñanza secundaria obligatoria, de manera que podríamos encontrarnos con ciertas reticencias o actitudes negativas iniciales de los estudiantes, al no estar familiarizados con ella.

Además, hay que destacar que el número de secuencias que siguen este tipo de enfoque es reducido, por lo que se hace necesario la adaptación de algunas de estas secuencias disponibles, o bien desarrollar un diseño nuevo, ya que difícilmente se ajustarán a las características concretas de la investigación.

Es decir, se ha de concretar las actividades de la secuencia teniendo en cuenta los contenidos y procedimientos a trabajar, el tiempo del que se dispone, así como lo establecido en el currículo para el tercer curso de la ESO.

Por otro lado, se ha de considerar también, en la realización de las actividades de la secuencia, una serie de dificultades de aprendizaje habituales asociadas a este tipo de contenidos, relacionadas con las concepciones de los alumnos en torno a las fuerzas, en las que se profundiza más adelante. Por lo tanto, en la secuencia se ha tenido en cuenta este tipo de dificultades, de manera que antes de implementarla en el aula, ha sido planificada y estructurada, justificando cada una de las actividades que se plantean, siguiendo una secuencia lógica en virtud de las ideas principales que se han seleccionado, y anticipando en todo momento las posibles respuestas del alumnado. Es decir, la elaboración de las actividades debe ser un proceso escrupulosamente planificado, para que la realización de estas esté perfectamente dirigida hacia las ideas que se quieren trabajar.

2.- MARCO TEÓRICO

2.1.- Concepciones del estudiante

Los estudiantes tenemos conocimientos sobre el mundo que nos rodea, que todas las personas elaboramos y compartimos, que nos ayudan a desenvolvemos en nuestro entorno, y que nos permiten realizar predicciones útiles (López-Gay, 2019). Sin embargo, estos esquemas mentales intuitivos, que sirven para explicar hechos cotidianos, pueden no estar en concordancia con las concepciones científicas utilizadas para explicar dicho fenómeno cotidiano, siendo denominadas por ello como concepciones alternativas (Carrascosa, 2005). Por lo tanto, resulta relevante conocer las concepciones alternativas de los estudiantes en torno al concepto de fuerza.

Con respecto a esto, existe un vasto conocimiento debido, en gran medida, al interés que despertó el conocimiento de las mismas desde que Viennot publicó su tesis en 1979, en la que ponía de manifiesto la asociación que hacían los estudiantes entre Fuerza y Rapidez del movimiento. En los siguientes años, se amplió el conocimiento de dichas concepciones, de carácter universal y atemporal,

en torno a las fuerzas. Mora y Herrera (2009), hacen una recopilación en torno a las concepciones alternativas relacionadas con las fuerzas, como por ejemplo: todo movimiento tiene una causa (la fuerza o la gravedad); en ausencia de fuerza, todo objeto permanece en reposo (con respecto a la Tierra); el aire y/o la presión del aire son los responsables de que un objeto se mantenga en reposo; para que se produzca la caída de un objeto, no se requiere una fuerza, ya que ellos siempre quieren ir hacia abajo; en el instante en que se suelta una pelota, sobre ella no actúa fuerza alguna; una fuerza constante produce una velocidad constante, expresada como $F = m \cdot v$. Por lo tanto, existe una gran información sobre las concepciones alternativas relacionadas con las fuerzas, permitiendo el conocimiento de estas, prever algunos de los resultados en las actividades llevadas a cabo.

Por otro lado, estas concepciones alternativas tienen una serie de características a tener en cuenta. En primer lugar, son muy coherentes, lo que las hace tremendamente persistentes, no pudiendo ser modificadas fácilmente; y en segundo lugar, son universales, ya que resultan ser similares en estudiantes de distintas edades y procedencias (Driver, 1986). Por lo tanto, lo que hay en el cerebro del estudiante es importante, y debe ser tenido en cuenta en la realización de una secuencia que tenga por objetivo el aprendizaje del este mediante un modelo de enseñanza por indagación.

Además, es importante el contexto en el que se adquiere el conocimiento, y las emociones puestas en juego en dicho proceso, de manera que el estudiante sea capaz de establecer relaciones para encontrarle sentido al modelo científico adquirido. Es decir, la realidad existe en la medida que la construimos (Driver, 1986). En el objetivo específico tres, se hace mención a la importancia de las emociones del estudiante puestas en juego; para lo que además estableceremos la herramienta de recogida de datos pertinente para evaluarlas. Con respecto a esto, existen numerosas taxonomías para clasificar las emociones, pero si nos centramos en su efecto en el comportamiento (Bisquerra, 2000), pueden clasificarse en dos tipos de emociones: positivas y negativas.

2.2.- Prácticas científicas y competencia científica

En relación con lo descrito anteriormente, López-Gay (2018) indica que puede favorecerse el cambio del conocimiento, desde las concepciones cotidianas a las científicas, mediante la participación de los estudiantes en determinadas prácticas científicas escolares. Estas prácticas consisten en la justificación y discusión de sus respuestas a preguntas sobre fenómenos cercanos, la búsqueda de pruebas para contrastar la validez de esas respuestas, la construcción y discusión de modelos encaminados a explicar o predecir fenómenos, la evaluación de afirmaciones basándose en pruebas y la extracción de conclusiones a partir de datos.

Además, dichas prácticas científicas constituyen un factor fundamental a tener en cuenta, ya que contribuyen tanto a la adquisición de los contenidos trabajados, como al uso por parte de los estudiantes de lo que han aprendido para resolver cuestiones y problemas, contribuyendo de esta manera a la adquisición de la competencia científica.

Por otro lado, estas prácticas científicas pueden ser englobadas en tres bloques o grupos, denominados indagación, modelización y argumentación. Bargiela, Puig y Blanco (2018) indican que:

La indagación consiste en planificar y realizar diseños experimentales con el objetivo de responder preguntas o resolver ciertos problemas; la modelización es el proceso de creación, revisión y uso de modelos de una forma dinámica y creativa para explicar o predecir un fenómeno natural; y la argumentación consiste en evaluar los enunciados basándose en pruebas, e interacciona con las prácticas de modelización e indagación. (p.9)

2.3.- Un enfoque que promueve las prácticas científicas en el aula

En este punto, cabría preguntarse: ¿y cómo organizamos la enseñanza conforme a las prácticas científicas descritas anteriormente? Con respecto a esto, López-Gay, Jiménez Liso y Martínez Chico (2015), proponen un esquema del tipo de actividades que deben realizar los estudiantes:

- Enfrentarse con problemas o cuestiones científicas relacionadas con fenómenos del mundo natural o tecnológico y cuya respuesta puede ser confirmada o rechazada mediante pruebas.
- Formular explicaciones personales justificadas a partir de su experiencia y conocimientos previos.
- Diseñar y llevar a cabo el procedimiento para someter a prueba sus explicaciones, ya sean diseños experimentales o búsqueda de información.
- Analizar e interpretar la información y los datos recogidos, evaluando los razonamientos iniciales, introduciendo cambios en los mismos y considerando explicaciones, alternativas a las personales, más cercanas a las ideas científicas. (p.39)

De esta manera, se dispone de una serie de directrices a tener en cuenta, que permiten organizar una secuencia de aprendizaje basada en las prácticas científicas anteriormente descritas.

2.4.- Análisis de propuestas de enseñanza de las Fuerzas

El estudio de las fuerzas en la enseñanza obligatoria ha sido abordada con diferentes enfoques metodológicos por diversos autores. En las primeras etapas de la realización de la investigación, he analizado algunas secuencias de diversos autores, y reflexionado sobre los diferentes elementos de estas, como son los conceptos estudiados, el orden en el que se trabajan, el tipo de actividades realizadas, etc. A continuación se describen algunas de estas propuestas.

Propuesta de la editorial Elzevir.

Para el estudio de las fuerzas en el segundo curso de la enseñanza secundaria obligatoria, la editorial Elzevir tiene una propuesta, en el capítulo uno del manual, en la que estas se estudian de manera conjunta con los movimientos. Tras analizar esta propuesta, destacamos una serie de aspectos sobre la forma en la que se abordan los contenidos.

En primer lugar, de manera previa a trabajar los contenidos, se propone que los estudiantes piensen y expliquen una determinada situación. Es decir, no se

les presenta el modelo científico inicialmente, sino que se parte de una situación cotidiana para que reflexionen y traten de interpretar el fenómeno propuesto. Esto me parece relevante, ya que está en consonancia con la esencia de la enseñanza por indagación, que será el eje vertebrador de nuestra investigación.

También he podido observar que se atiende al lenguaje cotidiano utilizado por los estudiantes para referirse a los conceptos relacionados con las fuerzas, precisando que estas expresiones no deben ser usadas cuando el contexto requiera el uso de un lenguaje científico.

En cuarto de la ESO, se realiza una propuesta en el capítulo tres, en la que se aborda el concepto de fuerza y las leyes de la dinámica. En primer lugar, se pone de relieve el uso que se hace de la palabra fuerza en el lenguaje cotidiano, con el fin de confrontar las expresiones surgidas en la respuesta con el concepto científico de fuerza; entendida esta como la interacción entre dos cuerpos. Es decir, se atiende a la coexistencia de una dualidad lenguaje científico/cotidiano.

Otro aspecto tenido en cuenta, es el estudio del carácter vectorial de las fuerzas, de manera que se estudia la representación de estas mediante vectores, así como la suma y descomposición de las mismas. Se trata de una herramienta matemática útil que puede facilitar el estudio de algunos aspectos trabajados en la secuencia relacionados con las preguntas: ¿Quién ejerce la fuerza? ¿Hacia dónde se ejerce? ¿Con qué intensidad?

Por otro lado, podemos resaltar el análisis que se hace de diversas situaciones concretas con el fin de afianzar los conceptos trabajados. Por ejemplo, en una de las actividades se propone que los estudiantes cojan una botella de plástico y saquen el aire de su interior con una bomba de vacío; para que describan lo que sucede, y traten de explicarlo usando el modelo científico.

Otro aspecto que he observado, es que los autores no siguen el orden habitual en el que se estudian las leyes de Newton en los libros de texto. En primer lugar, proponen estudiar la tercera ley, mediante la realización de siete actividades en las que hay que identificar las fuerzas intervinientes como

interacción entre dos cuerpos; introduciendo después la primera ley, mediante el análisis de diversas situaciones con otras siete actividades.

En síntesis, algunas de las ideas clave utilizadas en las secuencias de esta editorial a tener en cuenta son las siguientes:

- Se utiliza una serie de actividades de manera planificada, estructurando secuencialmente el proceso de aprendizaje del alumnado.
- Se plantea, de manera previa a la presentación del modelo científico, una situación para que los estudiantes reflexionen, argumenten y expliquen.
- Se tiene en cuenta la coexistencia del lenguaje cotidiano y científico.
- Se estudian los sistemas de representación vectorial.
- Se proponen situaciones concretas para que los estudiantes las expliquen mediante la aplicación del modelo científico aprendido, subrayando de esta manera la utilidad de este.

Propuesta de Carrascosa, J. y colaboradores.

Los autores realizan, en el capítulo ocho del manual para tercero de ESO, una propuesta de enseñanza de los movimientos y de las fuerzas de manera conjunta. Tras el análisis de esta, se pueden hacer algunas consideraciones sobre la forma en la que se abordan los contenidos.

De manera previa a trabajar los contenidos, se propone que los alumnos piensen e ideen alguna manera de dar solución a una determinada situación. Es decir, inicialmente se pretende fomentar la reflexión y la creatividad para tratar de dar solución a una situación concreta.

Por otro lado, para llevar a cabo el estudio de algunos conceptos, se hace uso de una situación práctica con el objetivo de que los alumnos trabajen dichos conceptos mediante una serie de actividades en las que formulan hipótesis, realizan un diseño experimental, y contrastan las hipótesis en el laboratorio.

Otro aspecto reseñable, es la introducción del concepto de velocidad como magnitud vectorial, y la asociación del cambio de dicha magnitud, módulo o

dirección, con una fuerza resultante ejercida sobre dicho cuerpo. Por lo tanto, se aborda la fuerza al mismo tiempo que la velocidad, y en términos vectoriales.

En síntesis, algunas de las ideas clave a tener en cuenta son las siguientes:

- Se utiliza una serie de actividades de manera planificada, estructurando secuencialmente el proceso de aprendizaje de los alumnos/as.
- De manera previa a trabajar los contenidos, se propone que los alumnos piensen e ideen alguna manera de dar solución a una determinada situación.
- Se utiliza una situación práctica para que los alumnos experimenten, mediante diferentes actividades, las etapas de formulación de hipótesis, diseño experimental y contrastación de la hipótesis en el laboratorio.
- Se considera relevante el estudio de los sistemas de representación vectorial para la velocidad y la fuerza.

3.- METODOLOGÍA

3.1.- Diseño metodológico

De acuerdo con la finalidad explícita de este trabajo, mediante la investigación que he desarrollado se pretende conocer una realidad social, el aula cuando se implementa una determinada secuencia, desde la perspectiva de los participantes en la misma: el profesor investigador y los estudiantes; enmarcándose la investigación realizada dentro de la modalidad de investigación cualitativa.

Además, se trata de una investigación de tipo evaluativo, ya que su propósito es aumentar el conocimiento de una práctica específica en una situación determinada; en particular, se trata de una investigación de tipo evaluativo en su variante de investigación-acción colaborativa, ya que el propio profesor participante jugará un importante papel en la investigación con la ayuda de asesores (McMillan y Schumacher, 2005).

En cuanto al tipo de evaluación, es de carácter formativo, y no sumativo, tanto por sus objetivos de comprensión y mejora de la enseñanza basada en la indagación, como por el protagonismo del evaluador interno. Dentro de los posibles enfoques evaluativos, el trabajo se centra en un enfoque orientado hacia los conocimientos técnicos, ya que aplica los avances de la Didáctica de las Ciencias Experimentales sobre la enseñanza basada en la indagación, para valorar su calidad y posibilidades, así como orientado hacia el consumidor ya que desarrolla información útil para otros profesores (McMillan y Schumacher, 2005).

Para ello, se ha realizado diversas tareas necesarias para la apropiación y el desarrollo de la propuesta de enseñanza a implementar. De esta manera, se ha llevado a cabo una revisión en torno a las concepciones alternativas que suelen encontrarse frecuentemente en la enseñanza de las fuerzas, y se ha realizado el análisis de diferentes secuencias de enseñanza de las fuerzas, que siguen una metodología de enseñanza basada en la indagación.

El análisis de diversas propuestas, además de llevarme a identificar aspectos interesantes a considerar de cara al diseño de la secuencia y poner en cuestión otros de dudosa eficacia, me ha ayudado a seleccionar una serie de ideas fundamentales o ideas clave a aprender, que forman parte del modelo que quiero trabajar con el alumnado, y que van a ser el eje fundamental de la secuencia que quiero implementar; así como también me ha permitido conocer mejor la forma en la que se organizan los contenidos y procedimientos en este tipo de propuestas.

Con este punto de partida, y teniendo en cuenta el currículo y el tiempo del que dispongo para la realización de la misma, se ha articulado una serie de actividades en torno a tres grandes bloques descritos en la secuencia. De esta manera, la secuencia queda perfectamente planificada en cuanto a los conceptos y procedimientos que se quieren trabajar, a lo que se pretende con ello, a lo que se prevé que ocurra y a la temporalización de las actividades en las distintas sesiones.

Otro aspecto relevante, lo constituye el uso de distintos instrumentos para la recogida de datos, teniendo en cuenta la naturaleza de estos y el momento de la intervención; y el uso de diversas vías para organizar y presentar la información

obtenida. El análisis de la información resultante de las producciones del alumnado, ha permitido la reflexión y la obtención de una serie de conclusiones.

Con respecto a esto, es importante resaltar que el uso de distintas herramientas de recogida de información, persigue reducir el posible sesgo que pudiera originarse por ser el investigador quien implementa la secuencia en el aula. Es decir, se han utilizado otras herramientas de recogida de información complementarias al diario del investigador, con el objetivo de aumentar la validez de los resultados obtenidos mediante la triangulación de los datos obtenidos a partir de distintas herramientas de recogida de datos.

3.2.- Informantes y cuestiones éticas

La investigación se lleva a cabo con estudiantes, de edades comprendidas entre los 14 y 15 años, pertenecientes a dos grupos (A y B) del tercer curso de la enseñanza secundaria obligatoria. El grupo A está conformado por 17 alumnos/as, de los cuales 13 son chicas y 4 son chicos; y el grupo B por 16 alumnos/as, de los cuales 8 son chicas y 8 son chicos. Por lo tanto, entre los dos grupos, hay 33 alumnos/as (21 chicas y 12 chicos). Como se deduce de las características del trabajo, se trata de una muestra intencional o de conveniencia formada por dos grupos de estudiantes asignados a principio de curso al profesor investigador.

Se ha elegido la materia de física y química, debido fundamentalmente a la disponibilidad para llevar a cabo la implementación de la secuencia. Además, como esta materia tiene asignadas dos horas semanales, se puede llevar a cabo el estudio con dos grupos diferentes, optimizando los recursos didácticos puestos en juego, y enriqueciéndose la investigación.

Además, relativo a lo anterior, existe una cuestión ética tenida en cuenta, ya que de llevar a cabo la investigación con un solo grupo, estaría estableciéndose una privación para el otro grupo del proceso de aprendizaje innovador puesto en juego en la misma.

Por otro lado, antes de comenzar con la intervención en el aula he informado a los y las participantes, dejando claramente definidas las intenciones,

y los posibles usos de la investigación realizada; e indicándoles los motivos por los que quiero realizar la investigación, asegurándoles además el anonimato, como así he respetado en el trabajo.

3.3.- Técnicas e instrumentos de obtención de información

Dado que una de mis intenciones era realizar un análisis de los resultados de la implementación de la propuesta diseñada de cada una de las actividades realizadas, y del efecto de la secuencia en las ideas del alumnado y sus percepciones, he utilizado diversos instrumentos, para recopilar información y poder reflexionar, evaluar y explicar lo que ha ido ocurriendo durante la misma. Por lo tanto, teniendo en cuenta los objetivos de esta investigación, se usará un diseño comprensivo que combina métodos cualitativos y cuantitativos (McMillan y Schumacher, 2005). Los instrumentos utilizados han sido:

- ***Diario del profesor-investigador***, en el que he ido realizando un registro diario de lo que ha ido ocurriendo en el aula en las sesiones en las que se ha implementado la secuencia (8) en ambos grupos, en el que recogía observaciones, reflexiones e interpretaciones de lo ocurrido. La redacción de dichas sesiones del diario se ha llevado a cabo antes de dos días de la finalización de cada una de las sesiones con el fin de reducir la pérdida de información.
- ***Producciones escritas del alumnado***, que en general consistían en las respuestas que estos daban a las actividades propuestas, algunas de las cuales eran individuales y otras grupales. Sus aportaciones se registran en una ficha, cuya cabecera incluye el nombre y número del pequeño grupo, el número de sesión y la fecha en la que se lleva a cabo.
- ***Cuestionario KPSI + Emociones***. Cuestionario en el que se recoge información, en una primera parte, sobre la autopercepción del conocimiento de las ideas y procedimientos trabajados, antes y después de llevar a cabo la secuencia, a través de un cuestionario KPSI con respuestas de escala Likert (de 1 a 5 puntos).

El *Knowledge Previous Students Inventory* (KPSI) ideado por Tamir y

Amir (1981), ha sido utilizado en otros trabajos (Martínez-Chico, López-Gay, Jiménez-Liso y Trabalón, 2017; Jiménez-Liso, Martínez-Chico y Salmerón-Sánchez, 2018) adaptado a la estructura que he utilizado para examinar cómo percibieron los estudiantes lo que han aprendido y las emociones que experimentaron con la secuencia.

Este cuestionario funciona como una actividad de la secuencia más, cuyo sentido es promover una reflexión individual sobre lo que cada uno/a percibe que ha aprendido y sentido a lo largo de las sesiones, para cada una de las ideas y actividades trabajadas, auto-evaluar ese aprendizaje y regular el proceso de enseñanza y aprendizaje vivido. Además, los resultados del cuestionario sobre permitirán la triangulación con otros resultados complementando por ejemplo la percepción del investigador reflejada en el diario, y las emociones expresadas en la discusión grupal.

- **Cuestionario sobre fuerzas**, orientado a conocer el grado de dominio del conocimiento sobre fuerzas trabajado, a través de una serie de preguntas relacionadas con los aspectos trabajados en la secuencia. Esto permitirá analizar si existe algún tipo de relación o de discrepancia entre la percepción que tienen los estudiantes de lo que han aprendido, y los resultados de las respuestas del cuestionario sobre fuerzas.
- **Audio-grabación** de sesión de reflexión grupal orientada a recibir opiniones abiertas respecto a la secuencia, en concreto se les planteó: ¿qué habéis aprendido?, ¿cómo lo habéis aprendido?, y ¿qué habéis sentido? De manera que se obtuviera información relativa al éxito de la propuesta en que aprendan determinadas ideas (aprendizaje conceptual), de la realización de las distintas prácticas científicas (aprendizaje procedimental), y de cómo se han sentido al experimentar este enfoque de enseñanza, ya que difiere de la forma habitual de trabajar con ellos/as.

3.4.- Presentación de resultados

En lugar de presentar los resultados de cada instrumento por separado, la presentación se organizará en función de los objetivos planteados, aportando la información procedente de diversos instrumentos, considerando para ello los siguientes resultados: el diseño de una secuencia de actividades fundamentada (resultado 1), el efecto de la implementación de la secuencia en el alumnado (resultado 2), la evolución de las ideas del alumnado (resultado 3), y la autopercepción del alumnado del conocimiento adquirido, y las emociones sentidas (resultado 4). En la siguiente tabla se relacionan los objetivos planteados, los resultados a evaluar, y los instrumentos utilizados.

Tabla 1
Instrumentos utilizados y objetivos

Instrumento utilizado	Semana en la que se aplica:					Organización de los resultados	Objetivo relacionado
	1	2	3	4	5		
Diario del investigador (Anexo I)						Efecto de la secuencia en el alumnado (Resultado 2)	OE 2
Producción del alumnado						Efecto de la secuencia en el alumnado (Resultado 2) Evolución de las ideas del alumnado (Resultado 3)	OE 2 OE 3
Audio grabación (Anexo II)						Percepción del alumnado del conocimiento adquirido, y emociones sentidas. (Resultado 4)	OE 2 OE 3
KPSI + Emociones (Anexos III, IV)						Percepción del alumnado del conocimiento adquirido, y emociones sentidas. (Resultado 4)	OE 2 OE 3
Cuestionario sobre fuerzas (Anexo V)						Evolución de las ideas del alumnado (Resultado 3)	OE 3

En azul se indica la semana en la que se ha aplicado el instrumento indicado

Como se puede apreciar, el objetivo 1 no recoge información de ninguno de los instrumentos. Podría dudarse de que el diseño de la secuencia pueda ser presentado como resultado de la investigación. Sin embargo, no cabe duda de que el diseño es por sí mismo un resultado ya que, como se recordará, lo que se pretende estudiar no es sólo lo que sucede cuando se implementa una secuencia basada en la indagación en un aula concreta de secundaria, sino conocer las posibilidades de que las orientaciones generales procedentes de la Didáctica de las Ciencias Experimentales puedan ser plasmadas en una secuencia concreta de enseñanza para ser llevada al aula.

Por otro lado, se ha reducido la información recogida en el diario del investigador, resultante de la observación en las sesiones uno a ocho, y los datos recogidos de la discusión grupal de la sesión nueve; con el objetivo de facilitar la interpretación y el análisis de dicha información.

Con el mismo fin, se ha tabulado y representado en gráficas la información proveniente del cuestionario de autorreflexión del alumnado llevado a cabo en la sesión nueve; así como de la información obtenida del cuestionario sobre los contenidos de las fuerzas de la sesión diez.

4.- RESULTADOS DE LA INVESTIGACIÓN

A continuación se muestran los resultados, en función de los objetivos planteados, aportando la información procedente de diversos instrumentos. Los resultados considerados son: el diseño de una secuencia de actividades fundamentada (1), el efecto de la implementación de la secuencia en el alumnado (2); la evolución de las ideas del alumnado (3); y la autopercepción del alumnado del conocimiento adquirido y de las emociones sentidas (4).

La relación entre los objetivos, los resultados y los instrumentos de recogida de datos utilizados, puede ser consultada en la tabla 1 del apartado 3.4 (presentación de resultados).

4.1.- Propuesta de diseño de una secuencia de actividades fundamentada

El primer resultado de este trabajo, y en consonancia con el objetivo específico uno de este trabajo, es la secuencia diseñada con el fin de ser implementada en el aula. Para ello, de manera previa, se ha seleccionado una serie de ideas fundamentales que se quieren trabajar en la misma (clarificación conceptual), y que son el resultado del estudio que se ha realizado de diferentes propuestas de enseñanza, así como de la adecuación temporal y curricular correspondiente al presente curso.

Las **ideas clave** consideradas en el diseño de la secuencia son las siguientes:

- Trabajar de manera conjunta tanto la cinemática como la dinámica de los cuerpos, correspondientes al bloque cuatro (*el movimiento y las fuerzas*), de los contenidos relativos al tercer curso de física y química de la enseñanza secundaria obligatoria establecidos por la legislación vigente (Ley Orgánica 8/2013, de 9 de diciembre, para la mejora de la calidad educativa, LOMCE).
- Asociar la existencia de una fuerza neta al cambio en la velocidad de los cuerpos. Cuando la velocidad aumenta, la fuerza ejercida es “a favor” del movimiento; y cuando la velocidad disminuye, “en contra”.
- Representar fuerzas mediante vectores. Se ha acotado la situación estudiada a cuerpos que se mueven en línea recta, de manera que se ha utilizado la expresión “a favor” cuando el movimiento del cuerpo y la fuerza aplicada tienen la misma dirección y sentido; y la expresión “en contra”, cuando tienen la misma dirección pero distinto sentido.
- Estudiar la influencia de fuerzas de fricción en el movimiento de un cuerpo, y los factores de los que depende.

Con el objetivo de trabajar las ideas anteriores, se han diseñado una serie de actividades, que han sido organizadas en tres grandes bloques a lo largo de ocho sesiones (a las que hay que sumar dos sesiones más en las que se realizan los cuestionarios).

Tabla 2
Temporalización para la realización de las actividades en las sesiones

	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves
Bloque 1 Sesiones 1 y 2	8 Abril 3ºB A1, A2, A3	9 Abril 3ºA A1, A2, A3	10 Abril 3ºA A4, A5	11 Abril 3ºB A4, A5
Bloque 1 Sesiones 3 y 4	22 Abril 3ºB A6, A7	23 Abril 3ºA A6, A7	24 Abril 3ºA A8	25 Abril 3ºB A8
Bloque 2 Sesiones 5 y 6	6 Mayo 3ºB A9, A10, A11, A12, A13	7 Mayo 3ºA A9, A10, A11, A12, A13	8 Mayo 3ºA A14, A15, A16	9 Mayo 3ºB A14, A15, A16
Bloque 3 Sesiones 7 y 8	13 Mayo 3ºB A17, A18	14 Mayo 3ºA A17, A18	15 Mayo 3ºA A19, A20, A21	16 Mayo 3ºB A19, A20, A21
Cuestionarios Sesiones 9 y 10	20 Mayo 3ºB KPSI	21 Mayo 3ºA KPSI	22 Mayo 3ºA Fuerzas	23 Mayo 3ºB Fuerzas

Las actividades se han designado con la letra “A”, seguida del número que la identifica en la secuencia por orden de realización.

En el primer bloque, correspondiente a una primera fase de indagación sustentada en el conocimiento descriptivo de la situación, se estudia la caída libre de las gotas de lluvia de distinta masa. Los estudiantes plantean su hipótesis en torno a la situación planteada, justificándola a partir de su experiencia, y diseñan y llevan a cabo un experimento para tratar de corroborar la misma. Para llevar a cabo la experiencia se hace uso de bolas de plastilina de distinta masa, que simularán las gotas de lluvia.

En el segundo bloque, correspondiente a una primera fase de modelización, se empieza a construir el modelo newtoniano de las fuerzas, con el objetivo de explicar los fenómenos observados en el primer bloque; es decir, la concepción newtoniana se presenta de manera contextualizada, y como algo útil que puede explicar aquello que vieron (en la experiencia), y que no pudieron explicar de manera satisfactoria con la concepción intuitiva de tipo aristotélico.

Por último, en un tercer bloque, se amplía el modelo newtoniano incorporando la fuerza de rozamiento mediante situaciones en las que interviene de manera significativa. Esto se lleva a cabo mediante un nuevo proceso de indagación y de modelización, a partir de la caída de moldes de magdalena.

Secuencia de Actividades

A continuación, se recogen las actividades que conforman la secuencia a implementar, indicando tanto la sesión en la que se llevan a cabo, como el bloque de la secuencia en el que se encuadran. Además, se ha añadido un comentario indicando lo que se pretende con cada una de las actividades.

Bloque 1. Construimos conocimiento descriptivo acerca del movimiento de los cuerpos en caída libre.

Sesión 1: actividad de introducción

A1. *La lluvia es un fenómeno meteorológico que todos hemos observado en algún momento. ¿De qué está formada? ¿Qué son las gotas de lluvia? ¿Son todas las gotas de lluvia iguales? ¿Qué es el xirimiri? Discutidlo en el gran grupo.*

Comentario A1. Se pretende llevar a cabo una secuencia de actividades que tendrá como punto de partida el preguntarse por un fenómeno cotidiano como es la lluvia, favoreciendo que el alumnado se involucre en la construcción de explicaciones al verle sentido a los contenidos a trabajar. De esta manera, se favorecerá que hagan una serie de reflexiones y predicciones basadas en su experiencia y no aporten una respuesta académica o lo que “el docente espera escuchar”. Además, se les pregunta sobre los distintos tipos de lluvia (xirimiri o lluvia de gotas más gruesas) para dirigir la situación a la existencia de gotas de distinta masa.

Sesión 1: la trayectoria de las gotas

A2. *¿Qué trayectoria imagináis que describirán las gotas de lluvia en un día con ausencia total de viento? ¿En qué os basáis? Debatid esto en el pequeño grupo. A continuación, debatidlo con el resto de la clase.*

Comentario A2. Los estudiantes registran las respuestas del pequeño grupo en la ficha que se les entrega. El objetivo de esta actividad es acotar el estudio a una caída vertical. En ausencia de viento, las gotas describen una trayectoria rectilínea, de manera que las fuerzas intervinientes que se tendrán en consideración, serán aquellas que actúan en la dirección del movimiento. Previsiblemente, los estudiantes optarán por una trayectoria rectilínea de las gotas de lluvia, basándose en la experiencia, si se especifica claramente que no hay viento.

Sesión 1: tiempo de caída de gotas de distinta masa (rapidez)

A3. *¿De qué crees que depende el tiempo de caída de las gotas de lluvia? Razonad vuestra respuesta. Debatidlo en el pequeño grupo, y escribid vuestras reflexiones.*

Comentario A3. Los estudiantes registran sus respuestas en la ficha que se les entrega, para que más adelante las puedan comparar con las respuestas que den con el modelo que van a construir. Con esta actividad, se pretende que los alumnos reflexionen sobre las variables que influyen en el tiempo de caída, en concreto, la influencia de la masa de las gotas en la caída de las mismas. Se les pide que registren estas reflexiones, pero no se cuestionan, ya que la intención es que expresen sus ideas personales libremente, como punto de partida para construir el conocimiento deseado, desde una visión constructivista del aprendizaje. Estos momentos de expresión de ideas ante situaciones concretas de la vida real suponen un momento especialmente importante ya que pueden aflorar concepciones alternativas al respecto, y conviene que se expresen, se discutan y queden registradas. En las siguientes actividades, se concreta dicho estudio en las magnitudes “tiempo de vuelo” de las gotas y “rapidez” con la que caen. Previsiblemente, en estas actividades, los alumnos expresarán, como una de las hipótesis posibles, que las gotas más gordas llegan antes al pesar más, constituyendo esto una concepción alternativa muy frecuente en la sociedad en general.

Sesión 2: Diseño experimental

A4. *¿Se os ocurre alguna forma experimental de comprobar las hipótesis planteadas sobre el tiempo de vuelo de las gotas de lluvia? Diseñad una experiencia que podáis realizar en clase, que permita contrastar vuestra hipótesis. Después comunicad vuestra propuesta y discutid sobre su pertinencia y viabilidad*

Comentario A4. Los estudiantes registran su propuesta en la ficha que se les entrega. Se pretende que los alumnos piensen y diseñen alguna manera sencilla de corroborar sus hipótesis planteadas anteriormente, de manera que apliquen una de las principales características de la actividad científica, que es el diseño experimental para buscar pruebas que permitan contrastar ideas; además de implementar para ello, procesos como la creatividad, contribuyendo así al desarrollo de la competencia científica. Previsiblemente, los estudiantes plantearán diseños en los que se deja caer gotas de agua de distinta masa, para medir el tiempo que tardan en llegar al suelo, sin atender a las posibles dificultades derivadas. Además, también se pretende que se establezca un debate entre los estudiantes, de manera que discutan sobre la viabilidad de los experimentos propuestos por otros grupos, o la utilidad de estos para contrastar la hipótesis planteada; es decir, se persigue que los alumnos hablen ciencia.

Sesión 2: recogida y análisis de datos

Tras compartir y discutir de manera crítica las distintas propuestas de diseños, se destacarán aquellos que sean fieles a los objetivos planteados y se mostrará el valor de controlar adecuadamente las variables, y de hacer experimentos que sean viables. Serán estos diseños los más valorados por el docente, llegando finalmente a proponer un diseño que tenga sentido y sea posible poner en práctica. Debido a la imposibilidad de controlar la producción de las gotas de lluvia o la acción del viento, junto con la dificultad de medir el tiempo de vuelo de estas con los medios de los que disponemos, vamos a simplificar el estudio utilizando bolas de plastilina.

A5. Como no podemos controlar la caída de las gotas de lluvia, vamos a hacer uso de bolas de plastilina, para tratar de reproducir este fenómeno de manera controlada. Para ello, dejaremos caer bolas de plastilina con una diferencia de masa significativa, desde la segunda planta del edificio; y se recojerán datos de tiempo de vuelo para cada una de ellas con un cronómetro. Redactad las conclusiones a las que lleguéis. ¿Están en consonancia con las hipótesis que habíais planteado?

Comentario A5. Los estudiantes registran los datos recogidos y las conclusiones a las que llegan. Observarán experimentalmente que la masa de las bolas de plastilina no influye en el tiempo de caída de las mismas; permitiendo esto llegar a la conclusión de que la rapidez de las bolas en la caída no depende de la masa de estas. En las siguientes actividades, se estudiará si la rapidez de las bolas es constante o cambia durante el vuelo.

Sesión 3: variación de la rapidez de las gotas

A6. De la actividad anterior habéis concluido que la masa no influye en la rapidez con la que caen las bolitas de plastilina, pero ¿dicha rapidez es constante o varía conforme van cayendo estas? ¿De qué depende? Razonad vuestra respuesta. Debatidlo en pequeño grupo, y escribid vuestras reflexiones en este documento.

Comentario A6. Los estudiantes registran sus respuestas en la ficha que se les entrega. En las actividades anteriores se ha discutido la influencia de la masa en el tiempo de caída, que equivale a la determinación de velocidades medias para una determinada altura en un intervalo determinado. En esta actividad, se abre el debate sobre lo que ocurre con la rapidez en cada instante de la caída, de manera que se está trabajando de manera implícita el concepto de velocidad instantánea. El objetivo con el que se plantea esta pregunta, sobre un fenómeno concreto con el que estamos familiarizados en la vida cotidiana, es favorecer la expresión de ideas personales, y no respuestas académicas. Estos momentos y las discusiones que se generan, son momentos muy especiales en el aprendizaje de las ciencias, ya que se facilita la expresión de concepciones alternativas. Asociada a estos contenidos, y

muy arraigada en la sociedad en general, está la concepción de que el cambio en la velocidad será mayor cuanto mayor sea la altura desde la que se deja caer la bola.

Sesión 3: diseño experimental

A7. *¿Se os ocurre alguna forma experimental de comprobar las hipótesis planteadas sobre la constancia o variación de la rapidez de las gotas de lluvia? Diseñad una experiencia sencilla que podáis realizar en clase, que permita corroborar vuestra hipótesis.*

Comentario A7. Los estudiantes registran su propuesta en la ficha que se les entrega. Se pretende que los estudiantes piensen y diseñen alguna manera sencilla de corroborar sus hipótesis planteadas anteriormente, de manera que apliquen el propio método científico a su investigación. Las respuestas de los estudiantes pueden ser de lo más variado, al tratarse de un proceso creativo, aunque previsiblemente opten por métodos directos de medición de la velocidad.

Sesión 4: recogida y análisis de datos

A8. *Dejamos caer bolas de plastilina, desde diferentes alturas (la primera planta y la segunda planta del edificio). ¿Qué resultados esperáis obtener? Registrad datos de tiempo de vuelo para cada altura, y redactad las conclusiones a las que lleguéis. ¿Están en consonancia con las hipótesis que habíais planteado anteriormente?*

Comentario A8. Los estudiantes registran los datos recogidos y las conclusiones a las que llegan, en la ficha que se les entrega. Nuestro objetivo es que los estudiantes, tras realizar los cálculos de las velocidades medias desde diferentes alturas, puedan llegar a la conclusión de que la rapidez de estas aumenta durante la caída. De esta manera, construyen conocimiento apoyándose en pruebas y no en creencias o intuiciones.

Sesión 4: conclusiones. Al final de la sesión se hace una recapitulación de las ideas fundamentales trabajadas en estas sesiones; que servirá de punto de partida para el bloque de modelización.

- El tiempo de caída, y su rapidez media, no depende de la masa de las bolas.

- Las bolas caen cada vez más rápido. Esta conclusión se obtiene a través de la determinación de la rapidez de las bolitas a partir de la medida de tiempos a distintas alturas.

Bloque 2. Construimos un Modelo para explicar por qué sucede lo que sucede

Sesión 5: fuerza peso y masa

La fuerza responsable de la caída de las gotas es la fuerza que ejerce la Tierra sobre estas en dirección hacia el centro de la misma. Esta fuerza se denomina fuerza “peso”, y es una fuerza, a distancia, que podemos considerar constante en las inmediaciones de la superficie terrestre.

Además, la fuerza peso es proporcional a la masa de los cuerpos sobre los que ejerce su influencia. Su valor es $P=m \cdot g$ donde “g” es una constante de valor $9,81 \text{ m/s}^2$, y “m” es la masa del cuerpo. Recordemos también que la unidad de las fuerzas, como el peso, es el newton (N) en el sistema internacional de medidas.

A9. Una de las bolas de plastilina de masa m_1 , es atraída por la Tierra con una fuerza P_1 . Teniendo en cuenta que el valor de “g” es constante, ¿qué ocurre con la fuerza ejercida por la Tierra sobre dicha bola si le añadimos plastilina hasta que su masa es el doble a la que inicialmente tenía?

Comentario A9. La constante “g” es la intensidad del campo gravitatorio, que podemos considerar constante, con un margen de error muy pequeño, en los primeros kilómetros desde la superficie terrestre. Con esta actividad se muestra a los estudiantes la relación de proporcionalidad entre la masa del objeto y la fuerza con la que la Tierra lo atrae. Es posible que expresen la idea de que un mayor peso implica una velocidad mayor en la caída de la bola, estando esto relacionado con la concepción alternativa de que los cuerpos con mayor masa caen más rápido; poniéndose de manifiesto el uso coloquial que se hace del peso asociándolo a la masa. Debido a esto, consideramos importante resaltar la idea de constancia en el cambio de la velocidad ($g=9,81 \text{ m/s}^2$) para todos los cuerpos.

A10. Tenemos una bola y un cilindro de acero de 68,03 g y 201,77 g respectivamente. ¿Calcula los pesos de cada uno de ellos? ¿Cuál es atraído por

una fuerza mayor? Si los dejamos caer desde la primera planta del IES, ¿cuál llegará antes al suelo? Nota: “g” tiene unidades de aceleración.

Comentario A10. Los estudiantes determinan, con la fórmula proporcionada, el módulo de la fuerza de atracción de la Tierra sobre dos objetos de acero que se les lleva a clase. La pregunta sobre cuál llegará antes puede servir de indicador para saber si aplican este modelo para explicar, o contestan de manera más intuitiva haciendo uso del modelo aristotélico. Debido a que esta concepción alternativa es muy persistente, es posible que se obtengan respuestas en este sentido.

A11. Medid los pesos de los cuerpos de acero anteriores con ayuda de los siguientes dinamómetros de 1N y 5N, y anotad los resultados obtenidos.

Comentario A11. El uso de dinamómetros en clase puede servir para introducir la idea de módulo, dirección y sentido de la fuerza gravitatoria. Además en el bloque 3, dependiendo del tiempo del que se disponga, se podría ampliar este apartado mediante la explicación de la ley de Hooke. Por otro lado, pueden observar la relación entre masa y peso (estudiada anteriormente) mediante la lectura directa en el dinamómetro.

A12. Determinad, con la expresión anterior, la fuerza peso ejercida por la Tierra sobre las bolas de plastilina utilizadas en las actividades anteriores ($m_1 > m_2$). Dato: $g = 9,8 \text{ m/s}^2$. Con la expresión $P = m \cdot g$, ¿Podemos explicar los resultados de la experiencia en la que dejamos caer dos bolas de plastilina de distinta masa?

Comentario A12. Se trata de retomar las indagaciones que llevaron a cabo en el bloque anterior, con el objetivo de que le vean una cierta utilidad al modelo que acabamos de estudiar, como algo que nos permite explicar aquello que pudimos observar.

Sesión 5: representación con vectores

Las fuerzas son magnitudes vectoriales que podemos representar mediante vectores definidos por su punto de aplicación, dirección, sentido y módulo

(explicar utilizando una bola que cae).

A13. *Dibuja los cuerpos de acero de las actividades anteriores durante su caída, y representa mediante vectores la fuerza gravitatoria ejercida sobre ellos, indicando los módulos de las mismas. Justificad vuestra respuesta. Haced lo mismo con las bolas de plastilina que dejamos caer en el experimento.*

Comentario A13. Con este ejercicio pretendemos hacer uso de la herramienta de representación de fuerzas mediante vectores de manera muy simple (únicamente en la dirección vertical), ya que nos servirá para estudiar posteriormente el cambio de velocidad de un cuerpo cuando la fuerza peso actúa en la misma dirección del movimiento o en la contraria. Consideramos pertinente introducir la representación vectorial, ya que los alumnos/as podrán disponer de una forma más de explicar qué está ocurriendo, resultando muy útil cuando más adelante se introduzca una segunda fuerza (la de rozamiento) que puede tener sentido contrario o no a la fuerza peso.

Sesión 6: fuerza peso y aceleración de la gravedad

A14. *¿Habéis representado los objetos a la misma altura en un instante determinado de su caída? ¿Por qué? Nota: “g” tiene unidades de aceleración.*

Comentario A14. La representación de la A13 no tiene por objetivo únicamente saber si han aprendido el sistema de representación de fuerzas mediante vectores, si no que además nos puede servir para comprobar si siguen representando el cuerpo más pesado cayendo con una mayor aceleración (lo que previsiblemente seguirá ocurriendo).

Sesión 6: efectos dinámicos

A15. *A tenor de las conclusiones que habéis obtenido en el bloque anterior ¿Cómo influye sobre el cambio en la velocidad de las bolas, que la dirección y sentido de la fuerza peso sean “a favor” del movimiento de las bolas de plastilina?*

Comentario A15. El objetivo de esta actividad, es que los estudiantes asocien que cuando la fuerza actúa “a favor” del movimiento, se produce un

aumento en la velocidad del cuerpo. Debido a esto, se ha considerado apropiado trabajar anteriormente de manera simple el sistema de representación de las fuerzas, ya que los estudiantes pueden representar con flechas la dirección y sentido de la fuerza y el movimiento, y determinar si la fuerza actúa en contra o a favor del movimiento. Es decir, le encuentran un sentido al uso de vectores, ya que le están dando una aplicación directa, y les permite explicar lo que creen que está sucediendo.

A16. *En el caso de que uno de vosotros, que se encuentre en el sótano, lance la bola de manera vertical hacia una planta superior, ¿Qué ocurre con la velocidad de la bola durante el ascenso? ¿La fuerza peso actúa “a favor” o “en contra” del movimiento de la bola? Representa la fuerza peso con un vector durante el ascenso de la bola en un instante determinado.*

Comentario A16. En esta actividad, se presenta una situación en la que la fuerza peso actúa “en contra” del movimiento del cuerpo, con el objetivo de acercarlos el hecho de que la fuerza gravitatoria también puede provocar una disminución de la velocidad del cuerpo (y no únicamente un aumento) cuando la fuerza tiene sentido opuesto al movimiento del cuerpo. Para este fin, vuelve a ser útil el sistema de representación vectorial trabajado anteriormente, ya que les permite explicar un nuevo fenómeno (el ascenso de los cuerpos). Previsiblemente, los estudiantes hagan mención a la idea de que el cuerpo “frena” por la fuerza peso, por lo que el modelo construido les permite explicar hasta el momento, la aceleración de un cuerpo cuando cae (fuerza peso “a favor” del movimiento), y que el cuerpo frene cuando asciende (fuerza “en contra” del movimiento).

Sesión 6: recapitulación del bloque II

- La rapidez con la que caen los cuerpos no depende de la masa, ya que al aumentar la masa de estos, también aumenta la fuerza peso: $g=P/m$. Esto explica los resultados de la experiencia uno del bloque uno.
- Los cuerpos caen cada vez más rápido, ya que la fuerza peso (que es la única que hemos considerado) produce un cambio en la velocidad de los cuerpos que están

en caída libre. Esto explica los resultados de la experiencia dos del bloque uno.

- Cuando la fuerza peso actúa “a favor” del movimiento, se produce un aumento en la velocidad del cuerpo; y cuando la fuerza peso actúa “en contra” del movimiento, se produce una disminución en la velocidad del cuerpo.

Bloque 3. Seguimos construyendo conocimiento descriptivo y ampliando el modelo científico.

Sesión 7: velocidad de moldes de magdalenas

A17. Hasta ahora, hemos estudiado la caída de determinados objetos, observando que la masa de estos no influye en el tiempo de caída. Utilizando lo aprendido hasta ahora, ¿cómo crees que es el movimiento de un molde de magdalena cuando se deja caer desde una determinada altura? A partir de un metro de caída, ¿cambia la velocidad del molde?, ¿por qué?

Comentario A17. Se introduce con esta actividad una situación cotidiana que permitirá ampliar la situación anterior con una segunda fuerza, que fue despreciada en el caso de las bolas de plastilina. En la nueva situación, esta fuerza de rozamiento tendrá un efecto notorio en el movimiento del molde. Puede ocurrir, que de manera intuitiva y basándose en la experiencia previa sobre la caída de objetos similares como hojas de papel, digan que el molde cae con una velocidad menor. Debido a eso, se ha explicitado en la pregunta que lo expliquen y fundamenten con el modelo de fuerzas, ya que se pretende que apliquen el modelo de fuerzas construido, para que tomen conciencia de que es insuficiente para explicar esta nueva situación, y que es necesario seguir construyendo el modelo científico.

Sesión 7: experimento, y recogida y análisis de datos

A18. Dejamos caer un molde de magdalena, desde diferentes alturas (la primera planta y la segunda planta del edificio). ¿Qué resultados esperáis? Recoged datos de tiempo de vuelo para cada altura, y redactad las conclusiones a las que lleguéis. ¿Están en consonancia con las hipótesis que habíais planteado?

Comentario A18. Los estudiantes registran los datos recogidos y las conclusiones a las que llegan, en la ficha que se les entrega. Observarán experimentalmente la constancia de la velocidad de los moldes de magdalenas a partir de una cierta distancia recorrida, de manera que construyen conocimiento apoyándose en pruebas y no en creencias o intuiciones.

Sesión 8: ampliación del modelo. La fuerza de rozamiento que ejerce el aire sobre un cuerpo depende de la forma de este.

A19. *Haciendo uso del sistema de representación de fuerzas con vectores estudiado en el bloque 2, dibuja el molde de magdalena en su caída, y las fuerzas (mediante vectores) que están actuando sobre él.*

La fuerza de rozamiento, ¿está actuando “a favor” o “en contra” del movimiento del molde? ¿Cómo son los módulos de las fuerzas intervinientes? ¿Qué conclusión se puede sacar de la constancia de la velocidad?

Comentario A19. Con esta actividad, los alumnos explicitan mediante un dibujo que la fuerza de rozamiento actúa “en contra” del movimiento de la bola, oponiéndose a la fuerza de atracción gravitatoria. Esta actividad permite relacionar fuerza neta nula sobre un cuerpo con la constancia de la velocidad.

A20. *La caída del molde depende de varios factores como son la forma del molde, su masa o la velocidad que lleva. ¿Se os ocurre alguna forma de comprobarlo?*

Comentario A20. Se pretende fomentar el diseño de experiencias en el que se ponga de manifiesto la dependencia de la magnitud de la fuerza de rozamiento con la forma o la masa de este. Además, las experiencias diseñadas pueden constituir una oportunidad para debatir, por ejemplo, sobre las moléculas de aire que las distintas secciones de los moldes encuentran a su paso, o las distintas velocidades que alcanzan los moldes de distinta masa cuando comienzan a moverse a velocidad constante.

A21. *Visualizamos un vídeo en el que se deja caer un martillo y una pluma en una cámara de vacío con y sin rozamiento. Explicad lo que ocurre.*

Comentario A21. En esta actividad, los estudiantes hacen uso del modelo científico para explicar la caída de dos cuerpos de distinta masa con rozamiento y sin rozamiento.

Sesión 8: recapitulación del bloque III

- La fuerza de rozamiento sobre el molde en caída libre, aumenta hasta igualar la fuerza de rozamiento.
- Si la fuerza neta sobre un cuerpo es cero, la velocidad es constante. Por ejemplo, a partir de un metro aproximadamente, las fuerzas de rozamiento y peso sobre el molde se igualan, y este se mueve con velocidad constante.
- Al dejar caer dos moldes de igual forma pero diferente masa, llega antes al suelo el de mayor masa ya que transcurre un mayor tiempo hasta que la fuerza de rozamiento igual a la fuerza peso.
- Al dejar caer dos moldes de igual masa pero distinta forma, llega antes al suelo el molde cuya forma tiene una mayor sección de contacto con el aire (influyendo en la fuerza de rozamiento).

4.2.- Resultados de implementación de la secuencia de actividades

Otro resultado relevante de esta investigación, relacionado con el objetivo específico dos (ver tabla 1), es el concerniente al desempeño del alumnado a través de las prácticas científicas organizadas en las distintas fases de indagación y modelización, es decir, lo relativo al efecto que ha tenido la secuencia en los alumnos. Para ello, se ha hecho uso de un diario del investigador, constituyendo una de las fuentes de información más relevantes de esta investigación. En el diario se ha redactado un informe para cada una de las sesiones, en las que se han registrado los resultados de las producciones de los alumnos/as al llevar a cabo las actividades, así como las observaciones y reflexiones del propio investigador. El diario puede ser consultado en el anexo I.

A continuación, mostramos el efecto de las actividades y la acogida por parte de los estudiantes durante cada una de las sesiones de la secuencia, registrados en el diario del investigador.

Tabla 3***¿Qué efecto y respuesta generan las actividades en cada una de las sesiones?***

Primera sesión.	Grupos
- El alumnado se muestra muy participativo durante la sesión.	A,B
- Hablan ciencia constantemente.	A,B
- Llevan a cabo micro experimentos motu proprio para argumentar su opinión.	A,B
- Argumentan sus hipótesis en el pequeño grupo.	A,B
- Se produce una participación muy activa de una alumna cuya actitud en clase es normalmente pasiva.	A
- Siguen debatiendo sobre la cuestión presentada después de terminar la clase.	A,B
- Manifiestan que en casa buscarán respuestas por medio de internet.	A,B
- Al día siguiente, la profesora de lengua, comenta que los alumnos seguían dándole vueltas a la pregunta, y que estos se encontraban algo nerviosos por no saber qué ocurría en realidad.	A
Segunda sesión.	Grupos
- Los diseños denotan una considerable creatividad de los estudiantes (uso de jeringuillas de distinto grosor y cámaras; un cristal inclinado y dos goteros; un condensador; dos globos de agua).	A
- Los diseños denotan una considerable creatividad de los estudiantes (uso de pistolas y latas; dejar caer una maceta y una pelota de ping-pong; aplicar el teorema de Pitágoras con la velocidad y la distancia).	B
- Llegan a acuerdos en gran grupo, por ejemplo, acuerdan realizar una experiencia en la que se deje caer dos objetos de distinta masa.	A,B
- Se han mostrado muy participativos en la argumentación de sus propuestas de diseño, y en la realización del experimento.	A,B
Tercera sesión.	Grupos
- Relacionan la velocidad del cuerpo con la capacidad de este de “coger” más fuerza (fuerza como propiedad que puede ser poseída por los cuerpos).	A

- Introducen la idea de rozamiento con el aire, haciendo responsable a este de la variación de la velocidad del cuerpo.	A
- Introducen la idea de rozamiento del aire, explicando que la velocidad varía por la fuerza de la gravedad, y porque esta es mayor que la fuerza de rozamiento del aire.	A
- Vuelven a la idea de que una mayor masa implica una mayor velocidad, a pesar de las experiencias realizadas anteriormente.	B
- Proponen que la rapidez del cuerpo irá en aumento, señalando la fuerza de la gravedad como responsable (sin profundizar en ello).	B
- Los diseños denotan una considerable creatividad de los estudiantes (medir la profundidad del agujero en la arena de un cubo tras dejar caer una moneda desde distintas alturas; cámaras a distintas alturas; uso de un radar).	B
- Los diseños denotan una considerable creatividad de los estudiantes (uso de un radar; cámara superlenta; una cama elástica y un cuentakilómetros dentro de una bola con conexión a un tablet).	A

Cuarta sesión.

Grupos

- Se muestran muy participativos al realizar la experiencia (medir ellos mismos el cordel con el metro, observar como cae la bola, etc.).	A,B
- Realizan de manera concentrada los cálculos de las velocidades, que a priori podría constituir la parte más tediosa de la práctica, mostrando curiosidad por saber si sus hipótesis eran correctas o no.	A,B

Quinta sesión.

Grupos

- Aplican mecánicamente la fórmula del peso sin un entendimiento profundo del significado físico que conlleva.	A,B
- Responden que llegará antes el objeto que es atraído con una mayor fuerza (esto ocurre en los dos grupos de tercero de la ESO).	A,B
- Se observa persistencia del modelo intuitivo de los alumnos (cuerpos con mayor masa o con mayor fuerza peso, caen más rápido).	A,B
- Encuentran serias dificultades en relacionar los resultados de la	A,B

experiencia con la constancia de la intensidad de la gravedad (g) en las distancias que estamos considerando.

Sexta sesión.

Grupos

- Representan, por lo general, correctamente los vectores de la fuerza peso (incluso el módulo del cuerpo con más masa es representado correctamente con un vector de mayor longitud). A,B
 - Dibujan el objeto más pesado por debajo del menos pesado, cuando se les pide que los representen durante la caída (aflora nuevamente la idea de que el objeto más pesado llega antes al suelo). A,B
-

Séptima y octava sesión.

Grupos

- Los estudiantes que habían previsto que los moldes se moverían de un lado a otro (similar a una hoja de papel que se deja caer), se sorprenden de que los moldes describan una trayectoria rectilínea. A,B
 - Los estudiantes que hicieron la predicción de que la velocidad del molde irá aumentando, explicándolo mediante el uso de únicamente la fuerza peso, se sorprenden al observar que los moldes descienden con velocidad constante. A,B
 - Experimentan con los moldes de manera espontánea, modificando la forma de estos (aquí se adelantan un poco a lo previsto en la secuencia), y dejándolos con la parte abierta del molde hacia abajo para ver qué sucede con el movimiento de los mismos. A,B
 - Experimentan con los moldes, modificando tanto la forma como su masa (poniendo varios juntos), de manera que los dejan caer desde dos metros de altura, comprobando las diferentes variables que afectan al tiempo de caída del molde, y explicando las distintas situaciones haciendo uso de la fuerza de rozamiento. A,B
-

Esta información obtenida a partir de la observación, será contrastada con la proveniente del cuestionario KPSI + emociones (en el epígrafe 5), para tratar de entender con una mayor precisión lo que ha ocurrido al implementar la secuencia

4.3.- Evolución de las ideas del alumnado (dominio del contenido)

Otro resultado relevante es el relativo a la evolución, en la manera en la que explican los fenómenos relacionados con las fuerzas, desde una concepción aristotélica a otra newtoniana. Las ideas trabajadas en la secuencia, pueden englobarse en dos bloques. Por un lado, las ideas relacionadas con la rapidez de cuerpos de distinta masa durante la caída libre de estos, y en una situación en la que únicamente se tenga en cuenta la fuerza peso (una única fuerza y movimiento uniformemente acelerado). Por otro lado, las ideas relacionadas con la rapidez de cuerpos en caída libre en la que, debido a las características de estos, se ha de considerar tanto la fuerza peso como la fuerza de rozamiento (dos fuerzas, y movimiento uniforme o uniformemente acelerado). Para analizar la evolución en las ideas del alumnado al respecto hemos utilizado diversas herramientas de recogida de datos: las producciones del alumnado en respuesta a las actividades de la secuencia, y el cuestionario final sobre fuerzas.

Evolución en las explicaciones del alumnado del tiempo de caída de dos gotas de lluvia de diferente masa; y el uso de la fuerza peso en ausencia de rozamiento.

En el grupo A.

En la actividad tres de la sesión uno de la secuencia se pregunta ¿cómo será el tiempo de caída de una gota fina y de una gota gorda que caen al mismo tiempo y desde una misma altura?, resultando que cuatro de los cinco grupos responden que no caen al mismo tiempo (tres grupos afirman que llega antes la gorda, y un grupo la pequeña); y un último grupo opina que llega antes la grande, aunque también podrían llegar a la vez porque la Tierra hace la misma fuerza (lo que tampoco es correcto). Por lo tanto el 100% de las respuestas se corresponden a una visión de las fuerzas de tipo aristotélico.

Por otro lado, de los resultados del cuestionario sobre fuerzas, observamos que algunos estudiantes explican los fenómenos asociados a la caída de las fuerzas utilizando el modelo newtoniano construido. Por ejemplo, en la pregunta cuatro del cuestionario sobre fuerzas (en el anexo V), se les plantea que en ausencia de

aire, se dejan caer al mismo tiempo una bola de 50 g y otra de 100 g desde la misma altura y en ausencia de aire, y se les pregunta cuál llegará antes al suelo. El 92,86% de los estudiantes la responden correctamente. Esto tiene sentido, ya que está relacionado con las actividades llevadas a cabo a lo largo de la secuencia.

Sin embargo, en la primera pregunta del cuestionario sobre fuerzas, en la que se les plantea la caída de dos objetos de distinta masa en ausencia de rozamiento, el 78,6 % de los alumnos consideran de manera errónea que, en ausencia de rozamiento, la fuerza ejercida por la Tierra sobre los objetos es la misma independientemente de su masa. Con respecto a esto, considero que han relacionado tiempo de caída con el módulo de la fuerza peso de dos cuerpos de distinta masa, lo que concuerda con una comprensión superficial del concepto de fuerza peso, que implica que los alumnos utilicen el esquema aristotélico con el que se encuentran más cómodos, lo que concuerda con una gran persistencia de este tipo de concepciones alternativas. Los datos anteriormente mencionados, han sido representados en el siguiente diagrama de barras.

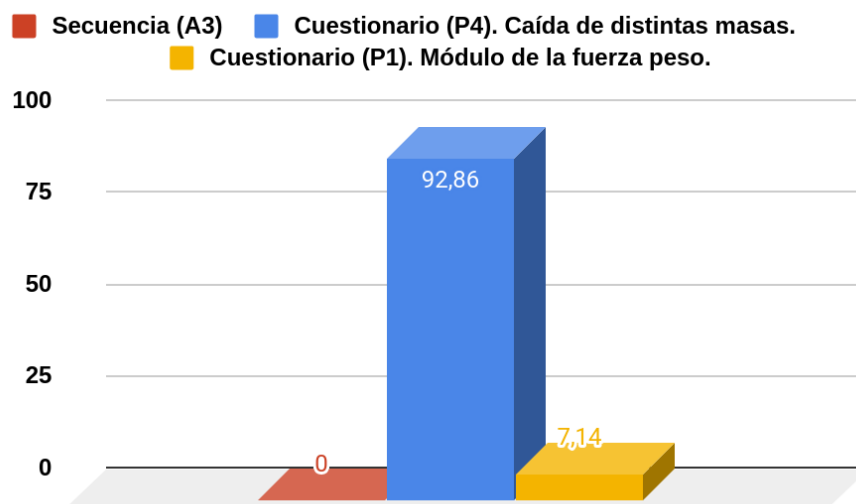


Figura 1. Porcentaje de respuestas en las que se aplica correctamente el modelo newtoniano de las fuerzas.

Se puede observar una considerable evolución en la manera de explicar fenómenos sobre fuerzas, similares a las realizadas experimentalmente en la secuencia, mediante el modelo newtoniano.

Sin embargo, si en el planteamiento del ejercicio propuesto se hace mención a la fuerza peso en lugar de a las masas de los cuerpos, un alto porcentaje de alumnos expresa que para que los cuerpos lleguen al mismo tiempo al suelo, tienen que tener la misma fuerza peso (esquema aristotélico).

En el grupo B.

En la actividad tres de la sesión uno de la secuencia se pregunta ¿cómo será el tiempo de caída de una gota fina y de una gota gorda que caen al mismo tiempo y desde una misma altura?, resultando que tres de los cinco grupos responden que no caen al mismo tiempo, llegando antes la gota de mayor masa; otro grupo opina que depende de la salida de la gota de la nube (resultando insuficiente la respuesta), y un último grupo responde que llegan a la vez, realizando un experimento sencillo para argumentarlo. Por lo tanto el 80% de las respuestas se corresponden a una visión de las fuerzas de tipo aristotélico.

En un momento posterior de la secuencia, en la actividad trece de la sesión seis, el 80 % del alumnado representa correctamente la fuerza peso, y la altura a la que se encuentran, aplicada sobre dos cuerpos de distinta masa en un instante determinado de la caída libre de los mismos.

Sin embargo, en la primera pregunta del cuestionario sobre fuerzas, en la que se les plantea la caída de dos objetos de distinta masa en ausencia de rozamiento, el 57,14 % de los alumnos consideran que, en ausencia de rozamiento, la fuerza ejercida por la Tierra sobre los objetos es la misma independientemente de su masa (acierto de 14,29 %).

Los datos anteriormente mencionados, han sido representados en el siguiente diagrama de barras

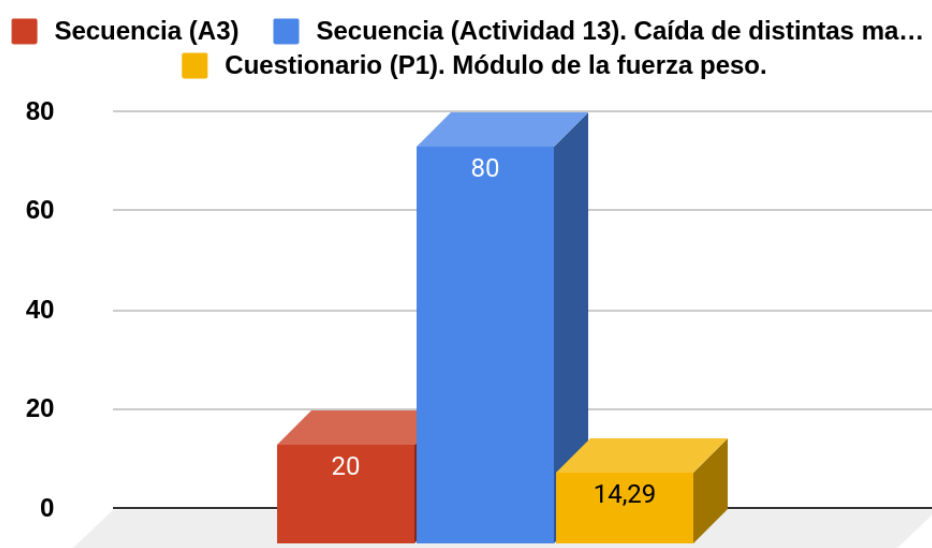


Figura 2. Porcentaje de respuestas en las que se aplica correctamente el modelo newtoniano de las fuerzas.

Los resultados son similares a los obtenidos para el grupo A.

En cuanto a la consideración de la fuerza de rozamiento para explicar los fenómenos planteados.

Grupo A

En la actividad 17, en la séptima sesión de la secuencia, se pregunta al alumnado ¿cómo es el movimiento de un molde magdalena cuando se deja caer desde una determinada altura?, ¿cambia la velocidad del molde?, resultando que seis alumnos responden que la velocidad del molde cambia (dos de ellos haciendo mención a la fuerza de rozamiento), dos dan una explicación insuficiente del fenómeno, cinco de ellos responden que la cae con velocidad constante (aunque cuatro de ellos no lo argumentan suficientemente), y dos no responden la pregunta. Por lo tanto el porcentaje de respuestas correctas y argumentadas con un esquema cercano al newtoniano es de 7,14 % (1 de 14).

De las respuestas del cuestionario sobre fuerzas podemos resaltar algunos resultados relevantes. En la pregunta dos, el 21,43 % de los estudiantes explican correctamente la velocidad de una gota de lluvia en los últimos metros; en la pregunta cinco, el 42,86 % explica con el modelo científico newtoniano el ascenso

de un cuerpo (teniendo en cuenta el rozamiento); en la pregunta seis, el 42,86 % explica correctamente la diferencia en el módulo de la velocidad de gotas de distinta masa en los últimos metros (velocidad constante); en la pregunta tres, el 71,43 % de los estudiantes explica, con el modelo newtoniano de las fuerzas, la caída con velocidad constante de un paracaidista. Los datos anteriormente mencionados, han sido representados en el siguiente diagrama de barras.

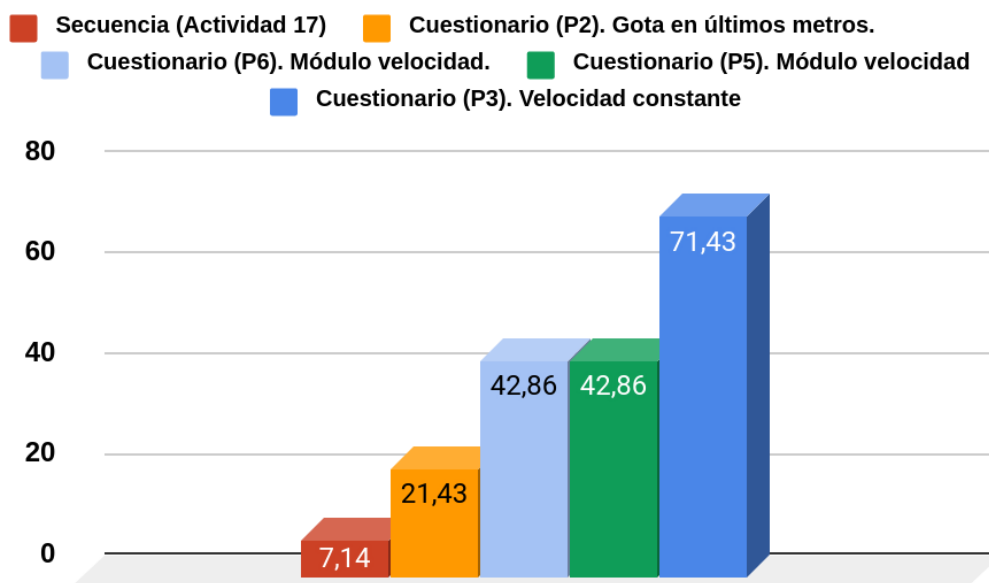


Figura 3. Porcentaje de respuestas en las que se aplica correctamente el modelo newtoniano de las fuerzas, en situaciones con rozamiento.

En la gráfica se puede observar un aumento en el uso del modelo científico desde una actividad inicialmente planteada (en rojo), hasta diferentes cuestiones del cuestionario de fuerzas. Sin embargo, el aumento varía dependiendo del tipo de movimiento llevado a cabo; produciéndose un aumento mayor cuando el cuerpo se mueve con velocidad constante.

Grupo B

En la actividad 17, en la séptima sesión de la secuencia, se pregunta al alumnado ¿cómo es el movimiento de un molde magdalena cuando se deja caer desde una determinada altura?, ¿cambia la velocidad del molde?, resultando que nueve alumnos responden que la velocidad del molde cambia (acelerando), y tan

solo uno responde que no cambia (aunque no lo argumenta suficientemente y no menciona el rozamiento). Por lo tanto el porcentaje de respuestas correctas y argumentadas con un esquema cercano al newtoniano es de 0 %.

De las respuestas del cuestionario sobre fuerzas, para el grupo B, podemos resaltar algunos resultados relevantes. En la pregunta cinco, el 42,88 % de los estudiantes explican correctamente la velocidad de una gota de lluvia en los últimos metros; en la pregunta seis, el 7,14 % explica con el modelo científico newtoniano el ascenso de un cuerpo (el 71,43 % representa erróneamente -hacia arriba- la fuerza de rozamiento cuando el cuerpo asciende); en la pregunta tres, el 50 % explica correctamente el tiempo de caída de dos moldes de magdalena de distinta masa (el 35,71 % no tiene en cuenta la fuerza de rozamiento para explicar el fenómeno planteado); en la pregunta dos, el 100 % explica, con el modelo newtoniano de las fuerzas, la caída con velocidad constante de un paracaidista.

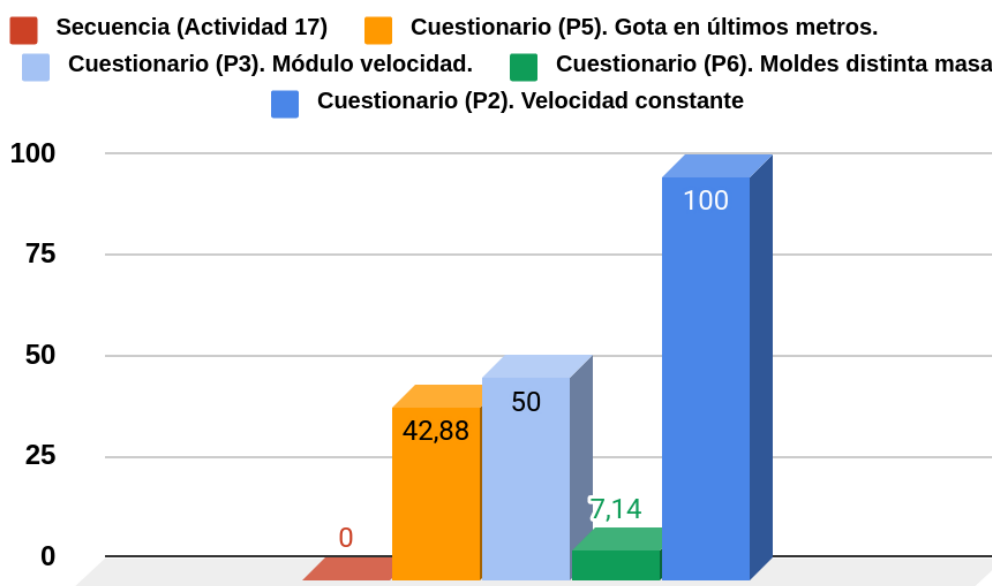


Figura 4. Porcentaje de respuestas en las que se aplica correctamente el modelo newtoniano de las fuerzas, en situaciones con rozamiento.

De manera similar a lo que ocurrió en el otro grupo, se produce un mayor aumento en el uso del modelo científico por parte de los estudiantes, cuando el cuerpo se mueve con velocidad constante.

4.4.- Autopercepción del alumnado de lo aprendido y sentido

Otro de los resultados de esta investigación, lo conforma la propia percepción del alumnado relativa tanto al conocimiento de contenidos y procedimientos puestos en juego, como a los sentimientos que han experimentado durante el proceso de enseñanza y aprendizaje.

Para ello, se ha hecho uso del cuestionario de autoevaluación del alumnado descrito en apartado 3.3, con el que se ha obtenido información acerca del grado de conocimiento percibido por los alumnos/as antes y después de llevar a cabo la secuencia; y se ha recogido información sobre las emociones puestas en juego por parte de los estudiantes en cada una de las etapas del proceso de aprendizaje implementado.

Además, también se ha hecho uso de la información resultante de la discusión grupal acerca de las opiniones del alumnado sobre la propuesta vivida, registrada mediante audio grabación, con el fin de enriquecer y comprender mejor los resultados del cuestionario KPSI + emociones. Con respecto a esto, haré mención únicamente a los aspectos que he considerado más relevantes, debido a la limitación de tiempo para llevar a cabo un análisis más exhaustivo de las mismas.

4.4.1.- Autopercepción del alumnado de lo aprendido.

Con la información del cuestionario, que encontramos tabulada en el anexo IV, se ha realizado, para los distintos grupos, la representación gráfica de los datos relativos a la percepción que tiene el alumnado sobre el conocimiento de los diferentes elementos trabajados en la secuencia.

Los datos han sido representados usando diferentes colores para las percepciones de los estudiantes sobre su conocimiento antes (en rojo) y después (en azul) de experimentar la secuencia.

Autopercepción del Grupo A

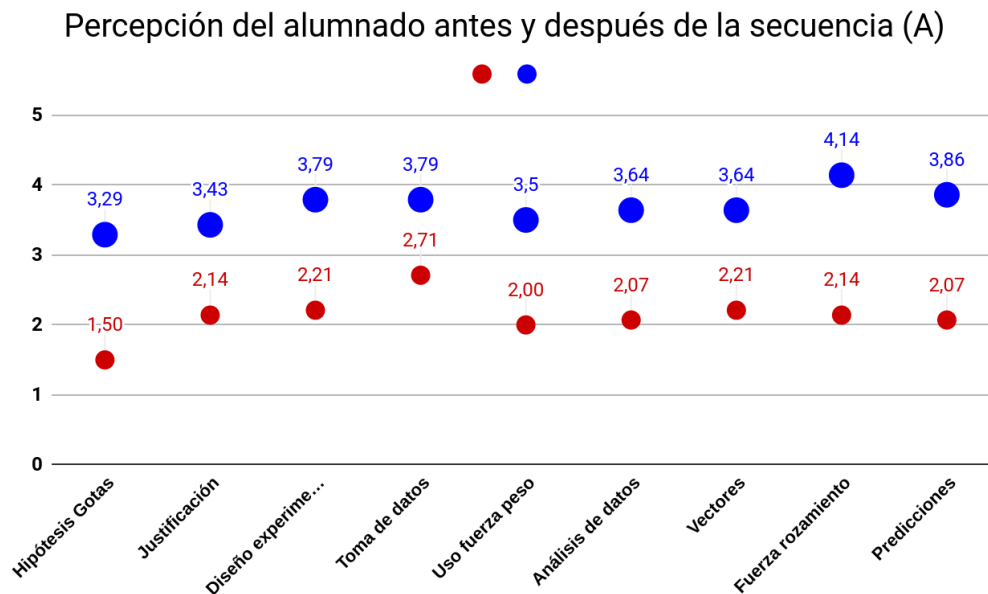


Figura 5. Dominio del contenido, antes y después de la secuencia, para el grupo A.

En primer lugar, se muestra información relevante a partir de la gráfica anterior para cada uno de los aspectos autoevaluados, y posteriormente se presenta información más global para toda la secuencia.

En la **emisión de hipótesis**, la percepción del conocimiento de los estudiantes acerca de la caída de gotas de lluvia de distinta masa, ha aumentado 1,79 puntos (35,8 %) de 1,50 a 3,29; constituyendo este aumento, el segundo más elevado (35,8 %) de todas las prácticas. Además, en la discusión grupal también se manifestó este tipo de sentimientos “con intriga hasta que no nos dices la respuesta”. El valor inicial (1,50) es el menor registrado, lo que tiene sentido para esta práctica científica, en la que los estudiantes tienen que explicar el fenómeno planteado expresando sus propias ideas sobre el mismo. Y el valor inicial para la toma de datos (2,71), que es el mayor registrado, también tiene sentido al tratarse de una práctica científica manipulativa en la que se sienten más cómodos y seguros.

Para la **justificación de la hipótesis**, la percepción sobre el conocimiento antes y después, aumenta de 2,14 a 3,43. La percepción final es ligeramente

superior al valor para la emisión de hipótesis; pero el aumento producido es inferior (1,29 puntos; 25,8 %), debido a que parten de un conocimiento mayor (“antes de la secuencia”) al producido para la emisión de hipótesis.

En cuanto al **diseño experimental** llevado a cabo para contrastar las hipótesis planteadas, se produce un aumento en la puntuación, entre el antes y el después, para el diseño de experimentos, de 2,21 a 3,79 por lo que se ha producido un aumento de 1,58 puntos (31,6 %); similar al de otros elementos de la secuencia.

Relativo a la **toma de datos de medidas** en la experiencia, se produce un aumento en la puntuación, entre el antes y el después, de 2,71 a 3,79 por lo que se ha producido un aumento de 1,08 puntos (21,6 %); constituyendo el menor de los aumentos para todos los elementos de la secuencia. Además, el valor de 2,71 para “antes de la secuencia” es el valor mayor registrado. Y para el **análisis de los datos** obtenidos, se produce un aumento en la puntuación, entre el antes y el después, de 2,07 a 3,64 por lo que se ha producido un aumento de 1,60 puntos (32,0 %).

En el **uso de la fuerza peso**, se produce un aumento en la puntuación, entre el antes y el después, de 2,00 a 3,50 por lo que se ha producido un aumento de 1,50 puntos (30,0 %); y en la **representación con vectores**, se produce un aumento en la puntuación, entre el antes y el después, de 2,21 a 3,64 por lo que se ha producido un aumento de 1,43 puntos (28,6 %); siendo un valor muy similar al obtenido para el uso de la fuerza peso. Esto último no concuerda con lo que a priori podríamos pensar, al tratarse la fuerza peso de un concepto conocido para ellos al haber sido estudiado en el curso anterior; y la representación con vectores, un concepto nuevo, que además conlleva un cierto grado de complejidad matemática.

Para el **uso de la fuerza de rozamiento**, se produce un aumento en la puntuación, entre el antes y el después, de 2,14 a 4,14 por lo que se ha producido un aumento de 2,50 puntos (40,0 %). En este punto, queremos resaltar el hecho de que sea el uso de la fuerza de rozamiento el elemento de la secuencia que obtiene

una mayor puntuación “después de aplicar la secuencia”: 4,14; con un valor también máximo del aumento producido: 40 %.

En cuanto a las **predicciones para otros fenómenos similares**, se produce un aumento en la puntuación, entre el antes y el después, de 2,07 a 3,86, por lo que se ha producido un aumento de 1,79 puntos (35,8 %).

De manera general, podemos observar que todos los valores han aumentado en lo que los estudiantes creen que saben, lo que indica que los participantes reconocen los efectos de la secuencia de enseñanza en relación con los conocimientos y procedimientos adquiridos. En siete de los nueve aspectos considerados, se obtienen valores iniciales en torno a 2 (sé un poco), lo que indica que los estudiantes le ven sentido a los diferentes aspectos de la secuencia trabajada. En general, estos resultados proporcionan evidencia de que los participantes percibieron su participación en prácticas científicas como beneficiosas, mientras que también reconocen cómo se mejoró su aprendizaje.

Autopercepción del Grupo B

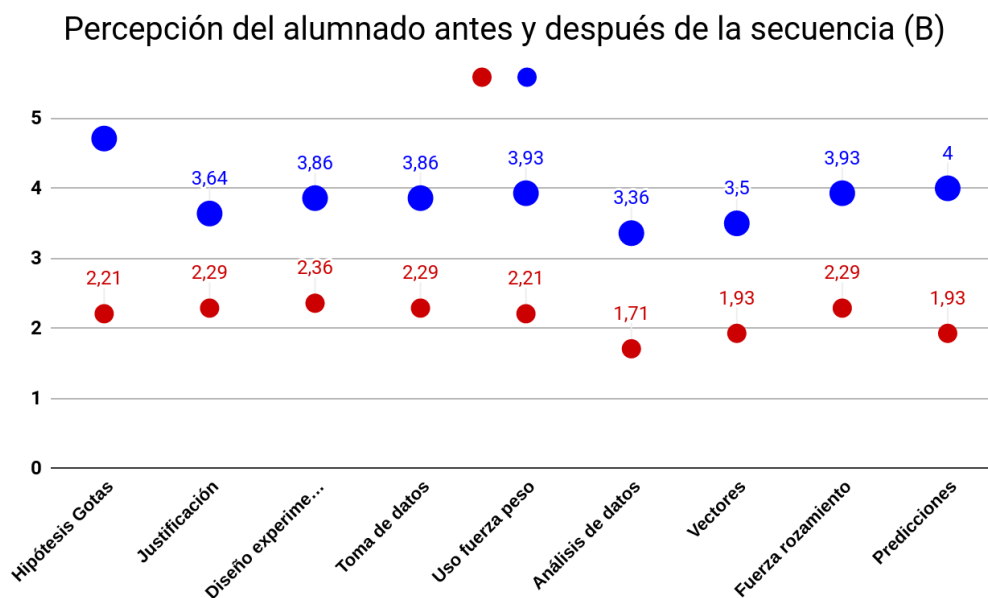


Figura 6. Dominio del contenido, antes y después de la secuencia, para el grupo B.

En primer lugar, se muestra información relevante a partir de la gráfica anterior para cada uno de los aspectos autoevaluados, y posteriormente se presenta información más global para toda la secuencia.

En la **emisión de hipótesis**, podemos observar que la percepción ha aumentado 2,5 puntos de 2,21 a 4,71; constituyendo este aumento, el más elevado (50,0 %) de todas las prácticas. Y en cuanto a la **justificación** que llevan a cabo para la misma, se produce un aumento de 1,29 puntos de 2,29 a 3,64 (27,0 %), debido a que parten de un conocimiento mayor (“antes de la secuencia”) al producido para la emisión de hipótesis.

Para la percepción sobre el **diseño experimental** que llevan a cabo, se produce un aumento en la puntuación, entre el antes y el después, de 2,36 a 3,86 por lo que se ha producido un aumento de 1,50 puntos (30,0 %); y en la **toma de datos de medidas**, se produce un aumento, entre el antes y el después, de 2,29 a 3,86 por lo que se ha producido un aumento de 1,57 puntos (31,4 %).

En cuanto al **análisis de los datos**, se produce un aumento en la puntuación, entre el antes y el después, de 1,71 a 3,36 por lo que se ha producido un aumento de 1,65 puntos (33,0 %).

Para el **uso de la fuerza peso**, se produce un aumento en la puntuación, entre el antes y el después, de 2,21 a 3,93 por lo que se ha producido un aumento de 1,72 puntos (34,4 %); y en la **representación con vectores**, se produce un aumento en la puntuación, entre el antes y el después, de 1,93 a 3,50 por lo que se ha producido un aumento de 1,57 puntos (31,4 %); siendo un valor similar al obtenido para el uso de la fuerza peso.

Para el **uso de la fuerza de rozamiento**, se produce un aumento, entre el antes y el después, de 2,29 a 3,93 por lo que se ha producido un aumento de 1,64 puntos (32,8 %). Además, se obtiene la segunda puntuación más alta, para todas las prácticas científicas, “después de aplicar la secuencia”: 3,93.

En cuanto a hacer **predicciones para otros fenómenos similares**, se produce un aumento en la puntuación, entre el antes y el después, 1,93 a 4,00 por lo que se ha producido un aumento de 2,07 puntos (41,4 %).

De manera general, podemos observar que todos los valores han aumentado en lo que los estudiantes creen que saben, lo que indica que los participantes reconocen los efectos de la secuencia de enseñanza en relación con los conocimientos y procedimientos adquiridos. En ocho de los nueve aspectos considerados, se obtienen valores iniciales entre 1,90 y 2,40, lo que indica que los estudiantes le ven sentido a los diferentes aspectos de la secuencia trabajada. Estos resultados proporcionan evidencia de que los participantes percibieron su participación en prácticas científicas como beneficiosas, mientras que también reconocen cómo se mejoró su aprendizaje.

4.4.2.- Emociones experimentadas por el alumnado.

Con la información del cuestionario, tabulada en el anexo IV, se ha realizado, para los distintos grupos, la representación gráfica de las emociones sentidas por el alumnado durante la secuencia. Los datos han sido representados utilizando un código de colores para las emociones sentidas. Se utilizan tonos anaranjados para las emociones negativas, y azulados para las positivas

Emociones del grupo A

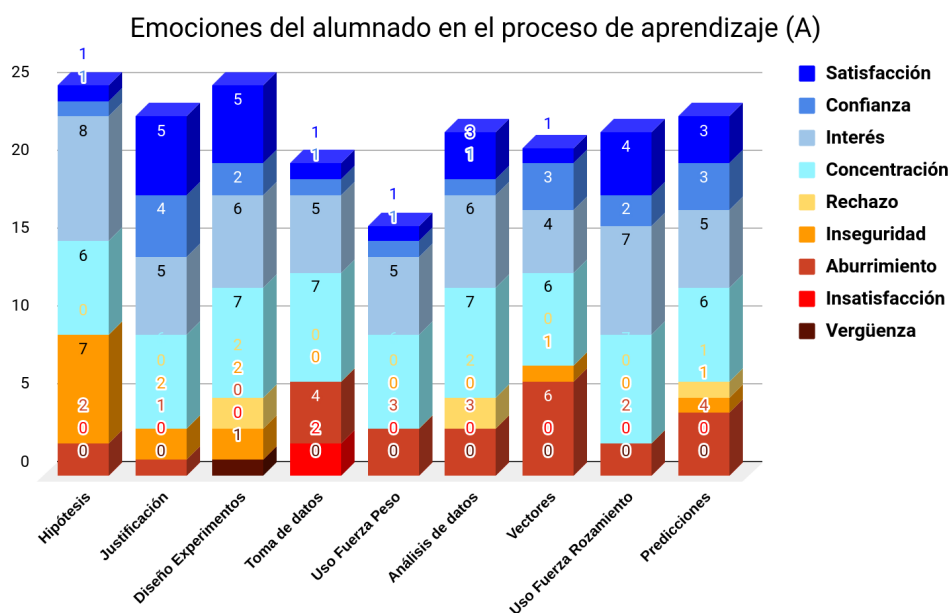


Figura 7. Diagrama de barras para el grupo A. Se ha asignado tonos azulados a las emociones catalogadas de positivas; y tonos rojizos, a las negativas.

En primer lugar, se muestra información relevante a partir de la gráfica anterior para cada uno de los aspectos autoevaluados, y posteriormente se presenta información más global para toda la secuencia.

En la **emisión de hipótesis**, se puede observar 16 ocasiones en las que los estudiantes manifiestan emociones positivas, con predominio del interés (8), y la concentración (6). Otro aspecto a resaltar es el relativo a las emociones negativas puestas en juego (9 ocasiones), y el valor inicial más bajo (1,79) en el de conocimientos.

Esto tiene sentido, ya que los estudiantes tienen que explicar el fenómeno planteado expresando sus propias ideas sobre el mismo, y está en consonancia con el miedo a equivocarse, manifestado por los alumnos en la discusión grupal, en la emisión de sus opiniones personales en torno al fenómeno planteado; por ejemplo: “me sentía estúpido, porque decía algo y después no era”.

Para la **justificación de hipótesis**, se observa un gran predominio de las emociones positivas (20), frente a las negativas (3); y en el **diseño experimental**, un gran predominio de las emociones positivas frente a las negativas (20 frente a 5); obteniendo 7 en concentración, 6 en interés, 2 en confianza y 5 en satisfacción.

En cuanto a la **toma de datos de medidas**, se observa un predominio de las emociones positivas frente a las negativas (14 frente a 6); obteniendo las mayores puntuaciones en concentración (7) e interés (5).

Sin embargo, no podemos dejar de observar que, en esta práctica científica, es la única en la que los estudiantes han manifestado la emoción negativa de insatisfacción (2); además de la segunda puntuación más alta en el sentimiento de aburrimiento (4).

La emoción de insatisfacción puede ser explicada por la elección inapropiada de las masas de las bolas en la primera de las experiencias, de manera que no cayeron exactamente en el mismo instante al suelo (se puede consultar en la sesión dos del diario recogida en el anexo I). Esto tuvo como resultado, que los estudiantes no vieron plenamente comprobada su hipótesis, existiendo una discrepancia en torno a la veracidad de las distintas hipótesis planteadas.

En el **análisis de los datos**, se observa un gran predominio de las emociones positivas (17), destacando la concentración (7) y el interés (6), frente a las negativas (5); y para el **uso de la fuerza peso**, un gran predominio de las emociones positivas (13), destacando la concentración (6) y el interés (5), frente a las negativas (3).

Para la **representación con vectores**, se observa un gran predominio de las emociones positivas (14), destacando la concentración (6), el interés (4) y la confianza (3), frente a las negativas (7). Sin embargo, tenemos que destacar en este punto, que se produce el mayor número de opiniones en torno a la emoción de aburrimiento (6). Esto tiene sentido, ya que se trata de la parte más abstracta y matemática de la secuencia, lo que se corresponde, por otro lado, con el elevado valor obtenido para la concentración (6).

Para el **uso de la fuerza de rozamiento**, se observa un gran predominio de las emociones positivas (20), destacando la concentración (7), el interés (7) y la satisfacción (4), frente a las negativas (2).

En cuanto a **hacer predicciones para otros fenómenos similares**, se observa un gran predominio de las emociones positivas (17), destacando la concentración (6) y el interés (5), frente a las negativas (6).

De manera general, podemos observar que existe un claro predominio de las emociones positivas, siendo las expresadas un mayor número de veces, la concentración, el interés y la satisfacción. En el caso de las emociones negativas, las más comunes son la inseguridad en las prácticas asociadas a la indagación (en el primer bloque de la secuencia), y el aburrimiento en el bloque de modelización, lo que tiene sentido debido a la propia naturaleza de estas prácticas científicas.

Otro aspecto reseñable, es el hecho de que las emociones de concentración e interés presenta valores altos durante toda la secuencia, lo que indica que los estudiantes le ven sentido a los diferentes aspectos de la secuencia trabajada.

Emociones del grupo B

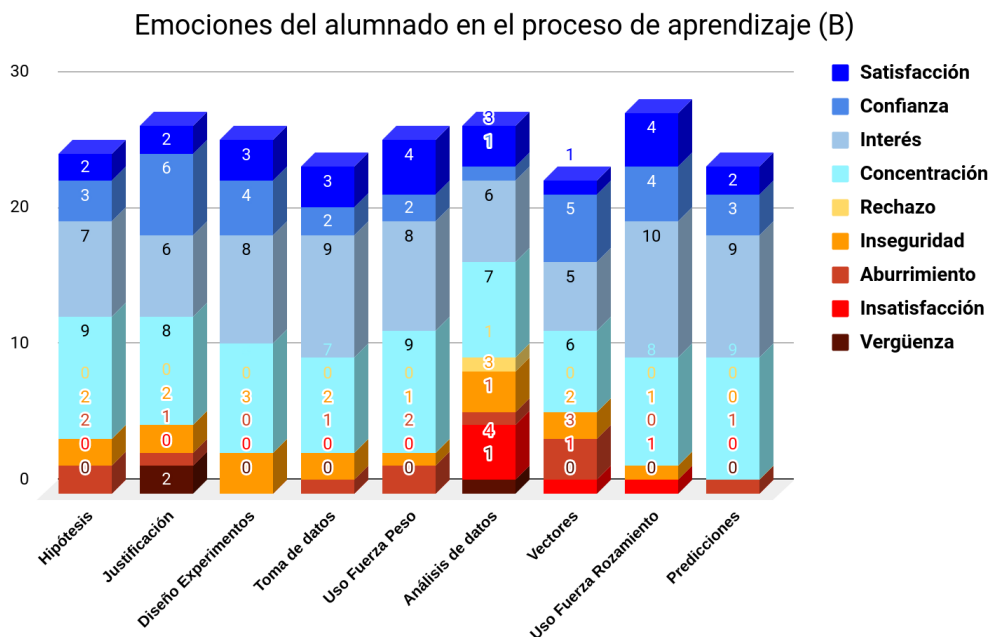


Figura 8. Diagrama de barras para el grupo B. Se ha asignado tonos azulados a las emociones catalogadas de positivas; y tonos rojizos, a las negativas.

En primer lugar, se muestra información relevante a partir de la gráfica anterior para cada uno de los aspectos autoevaluados, y posteriormente se presenta información más global para toda la secuencia.

En la **emisión de hipótesis**, se puede observar 21 ocasiones en las que los alumnos/as manifiestan emociones positivas, con predominio del interés (7), y la concentración (9); frente a las 4 ocasiones en las que se manifiestan emociones negativas (inseguridad 2 y aburrimiento 2). Esto también es expresado en la discusión grupal: “A ver, con la hipótesis, pues un aburrimiento la verdad”; “Pues yo con la hipótesis me lo he pasado bien, como yo soy la que saco ideas”.

Para la **justificación de hipótesis**, observamos un gran predominio de las emociones positivas (22), frente a las negativas (5); destacando entre las positivas, la concentración (8), el interés (6) y la confianza (6); y en el **diseño experimental**, un gran predominio de las emociones positivas frente a las negativas (23 frente a 3); obteniendo 8 en concentración, 8 en interés, 4 en confianza y 3 en satisfacción.

En la **toma de datos de medidas**, se observa un predominio de las emociones positivas frente a las negativas (21 frente a 3); obteniendo las mayores puntuaciones en concentración (7) e interés (9). En la discusión grupal, también se han producido manifestaciones en esa línea: “En los experimentos, me ha entretenido”; “A mí (referencia a lo que más le ha interesado) cuando los tirábamos (referencia a las bolas y los moldes)”.

En el **análisis de los datos**, se observa un predominio de las emociones positivas (17), destacando la concentración (7) y el interés (6), frente a las negativas (10). Sin embargo, en esta práctica, es donde podemos observar un mayor número de emociones negativas; destacando la insatisfacción (4), y la inseguridad (3). Esto puede ser explicado, basándome en la información registrada en el diario, por una deficiencia en la implementación de la secuencia, al no dedicar un tiempo suficiente al análisis de los datos, ya que este se llevó a cabo al final de la sesión, tras haberse extendido la realización de la experiencia más tiempo del planificado.

Para el **uso de la fuerza peso**, se observa un gran predominio de las emociones positivas (23), destacando la concentración (9) y el interés (8), frente a las negativas (3); y en la **representación con vectores**, un gran predominio de las emociones positivas (17), destacando la concentración (6), el interés (5) y la confianza (5), frente a las negativas (6).

Para el **uso de la fuerza de rozamiento**, se observa un gran predominio de las emociones positivas (26), destacando la concentración (8), el interés (10), la confianza (4) y la satisfacción (4), frente a las negativas (2).

En cuanto a **hacer predicciones para otros fenómenos similares**, se observa un gran predominio de las emociones positivas (23), destacando la concentración (9) y el interés (9), frente a las negativas (1).

De manera general, podemos observar que existe un claro predominio de las emociones positivas sobre las negativas, siendo las emociones positivas expresadas un mayor número de veces, la concentración, el interés y la satisfacción. Y en el caso de las emociones negativas, las más comunes son la

inseguridad y el aburrimiento, apareciendo a lo largo de casi toda la secuencia, aunque en valores muy bajos. Otro aspecto reseñable, es el hecho de que las emociones de concentración e interés presenta valores altos durante toda la secuencia, lo que indica que los estudiantes le ven sentido a los diferentes aspectos de la secuencia trabajada; y está en consonancia con los resultados obtenidos en la evolución autopercebida en los conocimientos adquiridos.

5.- DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS

A continuación, se va a discutir los resultados obtenidos anteriormente desde una perspectiva más global, tratando de interrelacionar la información obtenida mediante los diferentes instrumentos utilizados para intentar medir el grado de consecución de los objetivos planteados.

- ***Sobre la propuesta de diseño de una secuencia de actividades fundamentada (resultado 1).***

En cuanto al diseño de una secuencia de actividades basada en la indagación en el aula, considero que ha sido diseñada siguiendo una organización adecuada de la misma. Es decir, se ha generado conocimiento descriptivo en una primera parte de la misma, con el objetivo de contextualizar y de obtener información certera sobre una realidad, que posteriormente podrá ser explicada con el modelo científico construido de manera progresiva. Para ello, se ha descrito para cada una de las actividades planteadas, lo que se pretende con ella y lo que esperamos que ocurra en el aula al llevarla a cabo. Esto permite hacer una valoración de la idoneidad de dicha actividad, ya sea para lograr conocimiento descriptivo, construir el modelo científico o poner en juego los procedimientos científicos perseguidos; incorporando de esta manera las actividades propias de la indagación descritas por la literatura.

- ***Resultados derivados de la implementación de la secuencia (resultado 2).***

Teniendo en cuenta la organización de una secuencia de este tipo (en el apartado 2.3), podemos establecer el siguiente análisis.

Cuando los estudiantes se han tenido que enfrentar a **cuestiones científicas relacionadas con fenómenos del mundo natural**, se ha observado una participación muy activa de estos, realizando incluso experimentos caseros para tratar de argumentar sus opiniones, y un gran interés por saber la respuesta a la situación planteada, ya que estos seguían debatiendo sobre la cuestión presentada después de terminar la clase.

Para el **diseño experimental** llevado a cabo para contrastar las hipótesis planteadas, se pone de manifiesto una considerable creatividad de los estudiantes, llegan a acuerdos en el gran grupo en torno a la idoneidad de los diseños planteados, y se muestran muy participativos cuando argumentan los diseños de cada uno de los pequeños grupos; y en cuanto a la **realización experimental y el análisis de los datos**, los estudiantes se han mostrado muy participativos al realizar la experiencia, y han mostrado curiosidad por saber si sus hipótesis son correctas o no, teniendo la sensación de que los alumnos terminan la sesión con una significativa apetencia de saber más y con una considerable intriga.

Esta información derivada de la observación, se corresponde además con lo mostrado en el **cuestionario KPSI+ emociones**; en el que se observa para ambos grupos una evolución considerable en la adquisición de conocimientos percibida por los estudiantes, y un predominio generalizado de las emociones positivas frente a las negativas. Por lo tanto, el alumnado le ha encontrado sentido a la secuencia propuesta, y la ha valorado de manera positiva como elemento que ha facilitado el aprendizaje de los contenidos y procedimientos involucrados en la misma.

- ***Para la evolución de las ideas del alumnado: dominio del contenido (resultado 3).***

En cuanto al primer bloque de ideas considerado, relacionadas con la rapidez de cuerpos de distinta masa durante la caída libre de estos, y en una situación en la que únicamente se tenga en cuenta la fuerza peso, se observa una evolución considerable en el uso del modelo científico construido cuando las situaciones planteadas son de naturaleza similar a la llevada a cabo en la

secuencia; apoyándose en el conocimiento descriptivo adquirido. Sin embargo, tenemos que indicar también que el esquema alternativo de los alumnos reaparece cuando la situación planteada no es relacionada claramente con el conocimiento descriptivo adquirido.

En el segundo bloque de ideas considerado, relacionadas con la rapidez de cuerpos en caída libre en la que se ha de considerar tanto la fuerza peso como la fuerza de rozamiento, podemos observar que en los dos grupos se explican estas situaciones con mayor éxito, usando el modelo científico, cuando el cuerpo se mueve a velocidad constante, argumentando que la suma de fuerzas es cero al igualarse la fuerza de rozamiento y la fuerza peso.

Sin embargo, en situaciones aceleradas, tienden a prescindir del uso de la fuerza de rozamiento y a plantear la situación como se hizo en la primera parte de la secuencia. Esto nos hace reflexionar sobre la persistencia del esquema alternativo subyacente, es decir, los estudiantes no necesitan de manera intuitiva hacer uso de la fuerza de rozamiento en situaciones de caída acelerada ya que lo pueden explicar con el uso de la fuerza peso únicamente; sin embargo, cuando el cuerpo baja a velocidad constante (como el molde de magdalena), necesitan introducir una nueva fuerza (que sería la de rozamiento) para dar sentido a la nueva situación observada. Es decir, el concepto de fuerza de rozamiento les ha permitido explicar y entender fundamentalmente los fenómenos en los que la fuerza peso es igualada por la de rozamiento.

- ***Autopercepción del alumnado de lo que han aprendido y de cómo se han sentido (resultado 4).***

De los datos obtenidos en el cuestionario KPSI, podemos observar que, para los dos grupos, todos los valores han aumentado en lo que los estudiantes creen que saben, lo que indica que los participantes reconocen los efectos de la secuencia de enseñanza en relación con los conocimientos y procedimientos adquiridos. En general, estos resultados proporcionan evidencia de que los participantes percibieron su participación en prácticas científicas como beneficiosas, mientras que también reconocen cómo mejoró su aprendizaje.

En cuanto a las emociones puestas en juego, podemos observar que existe un predominio de las emociones positivas sobre las negativas, y que las emociones de concentración e interés presentan valores altos durante toda la secuencia, lo que indica que los estudiantes le ven sentido a los diferentes aspectos de la secuencia trabajada; estando esto en consonancia además con los resultados obtenidos en la evolución autopercebida en los conocimientos adquiridos.

Además, es importante poner de manifiesto, que la expresión de emociones catalogadas de negativas, no es algo que nos deba preocupar puesto que tiene sentido que sean expresadas en determinados momentos del aprendizaje. Por ejemplo, es lógico que experimenten inseguridad cuando tiene que explicar con sus ideas un determinado fenómeno relacionado con las fuerzas; lo que, por otro lado, genera un cierto inconformismo con la explicación dada, que puede ir acompañado de curiosidad e interés (emociones con valores altos durante toda la secuencia) por aprender más.

6.- CONCLUSIÓN

6.1.- Conclusión

El informe publicado por la European Federation of National Academies of Sciences and Humanities en 2012 titulado “A renewal of science education in Europe” resalta la importancia que tiene la Enseñanza basada en la Indagación para promover el interés de los estudiantes en la ciencia y avanzar en el desarrollo de su competencia científica. Y como se indica en las recomendaciones de PISA, las actividades prácticas pueden ser inspiradoras y pueden ayudar a los estudiantes a desarrollar una comprensión conceptual de las ideas científicas y de habilidades transferibles a diferentes escenarios, tales como el pensamiento crítico.

Por lo tanto, en respuesta a las demandas de una enseñanza no transmisiva, centrada en el estudiante, que promueva la realización de prácticas científicas, se ha desarrollado este trabajo de investigación, centrado en el diseño, la implementación y la evaluación de una propuesta de enseñanza de contenidos relacionado con las Fuerzas basada en la indagación; obteniendo información

sobre las posibilidades que ofrece este tipo de enseñanza de las ciencias basada en la indagación y la modelización.

Para ello, se ha diferenciando tres objetivos específicos que han guiado el proceso de investigación.

El primer objetivo específico (OE 1), referido al diseño de una secuencia de actividades basada en un enfoque de enseñanza por indagación, ha sido cumplido con la concreción de una secuencia de este tipo en el apartado 4.1 de este trabajo (resultado 1). Con respecto a este objetivo, creo conveniente resaltar que se trata de un aspecto fundamental de la investigación, puesto que una secuencia mal organizada o con unas actividades no apropiadas, condicionará negativamente todo el proceso de enseñanza-aprendizaje.

Por lo tanto, la secuencia implementada se adapta a las ideas que se quieren trabajar y al tiempo disponible; sigue una ordenación lógica, como la propuesta en el apartado 2.3 de este trabajo (López-Gay, Jiménez Liso y Martínez Chico, 2015); y contiene unas actividades, en las que se concreta el objetivo de las mismas, siguiendo escrupulosamente la ordenación anterior, con el objetivo de favorecer las prácticas científicas relativas a la indagación y la modelización en el aula.

El segundo objetivo específico (OE 2), referido a la comprensión de lo que sucede cuando se implementa dicha secuencia, ha sido abordado con el análisis de la información proveniente de distintas herramientas de recogida de datos. Esto resulta fundamental, para eliminar el sesgo del investigador. Por ejemplo, mediante la observación, registrada en el diario del investigador, he podido constatar la buena acogida de la secuencia por parte del alumnado, con una participación muy activa, y una elevada concentración e interés; lo que ha sido contrastado con los resultados del cuestionario sobre emociones.

Sin embargo, con este cuestionario he sido consciente de deficiencias en la implementación de la secuencia que no había detectado con la mera observación; concretamente relativo al análisis de los datos en el grupo B, en el que se ha

registrado un valor elevado de la emoción insatisfacción. Por lo tanto, considero que el segundo objetivo (comprender lo que sucede) también ha sido cumplido con un cierto grado de validez, mediante la triangulación con distintos instrumentos de recogida de información complementarios.

El tercer objetivo, referido a la valoración del efecto de la secuencia en el aprendizaje de los estudiantes, así como en su autopercepción sobre lo que han aprendido, sus emociones puestas en juego, y la acogida general de la propuesta (OE3), ha sido abordado en los apartados 4.3 y 4.4 de este trabajo.

Para ello, se ha analizado la evolución en el uso del modelo científico por parte de los estudiantes, a través de las actividades de la secuencia (al inicio, y con la previsión de que utilicen su esquema intuitivo) y las preguntas del cuestionario sobre fuerzas (al final, y con la previsión de que utilicen en mayor grado el modelo científico construido durante la realización de la secuencia).

Y por otro lado, se ha analizado la información obtenida de un cuestionario KPSI + emociones, que permite contrastar la evolución de las ideas de los alumnos a partir de sus producciones, con la autopercepción que tienen de su progreso en los contenidos y procedimientos puestos en juego, así como con lo que han sentido.

De esta forma, se ha constatado que existe un predominio de las emociones positivas sobre las negativas, y que las emociones de concentración e interés presentan valores altos durante toda la secuencia, lo que indica que los estudiantes le ven sentido a los diferentes aspectos de la secuencia trabajada.

Esto resulta relevante, teniendo en cuenta que las emociones condicionan el aprendizaje hacia las ciencias; existiendo una predisposición más negativa en secundaria que en primaria, especialmente hacia la Física y Química (Brígido, Couso, Gutiérrez y Mellado, 2013). Por lo tanto, después del análisis llevado a cabo sobre los resultados obtenidos en la investigación, puedo concluir que el objetivo general de la investigación ha sido logrado.

6.2.- Reflexión sobre la propia mejora como docente-investigador

La realización de este trabajo surge de mi interés en la enseñanza de las ciencias mediante la indagación y modelización, y mi firme determinación de mejorar como docente-investigador en este área. Creo conveniente resaltar esto, ya que ha sido este interés y determinación por mejorar mi práctica docente, junto con la ilusión de llevar a mi alumnado esta metodología innovadora, la fuerza impulsora que me ha facilitado invertir un mayor tiempo y esfuerzo, así como superar los momentos más tediosos de la elaboración del trabajo de investigación.

Con respecto a esto, mi opinión es que ha merecido la pena cada una de las horas invertidas en esta investigación, ya que considero que el objetivo principal de este trabajo ha sido alcanzado, relacionado este con el conocimiento de las posibilidades que ofrece un enfoque de la enseñanza de las ciencias basado en la indagación y la modelización; y con la comprensión de los procesos que tienen lugar durante la implementación de una secuencia basada en este enfoque.

Por lo tanto, me encuentro satisfecho de que todo el esfuerzo y tiempo dedicado a esta investigación haya dado sus frutos, puesto que me ha ayudado a entender mejor este tipo de enseñanza, y me ha dado los mimbres para intentar llevar a cabo secuencias similares para otros contenidos de la física y química.

6.3.- Limitaciones del estudio y prospectiva de futuro

Una limitación metodológica la puede constituir la propia recolección de los datos, si esta limita que posteriormente se pueda hacer una interpretación exhaustiva de los resultados; como puede ser una deficiencia en la elaboración de un cuestionario de recogida de información. Por ejemplo, cuando el primer grupo realizó el cuestionario sobre fuerzas, advertí alguna deficiencia en cuanto a que se abordaba insuficientemente algunos de los aspectos de la secuencia, lo que me llevó a modificar el cuestionario que iba a realizar el segundo grupo. Como consecuencia, el análisis de los resultados obtenidos en la evolución de los conocimientos del alumnado ha sido algo más tedioso, y probablemente limitado. Por lo que, un aspecto a mejorar en el futuro, será el diseño y revisión del cuestionario sobre fuerzas, con el objetivo de que se ajuste escrupulosamente a

todos los aspectos trabajados en la secuencia. En esta misma línea, al transcribir y analizar la discusión grupal llevada a cabo, he podido observar que esta transcurrió excesivamente dirigida; disminuyendo de esta manera la información resultante de las misma. Por lo tanto, otro aspecto a mejorar en una futura implementación de la secuencia, consistirá en que mi intervención tiene que limitarse a proponer las tres preguntas planteadas, y a redirigir la discusión cuando se aleje del objetivo de la misma. Además, en un futuro trabajo, podría analizarse de una manera más rigurosa la grabación realizada.

Otra posible limitación metodológica, la constituye el sesgo que puede originarse en la obtención de la información, al ser el investigador y el profesor la misma persona. Por ejemplo, en la redacción del diario, puede ocurrir que se recuerde o no se recuerde algún suceso relevante de la secuencia (sesgo por memoria selectiva); que se atribuyan características positivas a algún elemento que sea considerado importante para la secuencia (sesgo por atribución); o que se exageren los resultados obtenidos (sesgo por exageración). Por ello, es importante, como ya mencionamos anteriormente, que se trate de disminuir estas fuentes potenciales de sesgo mediante la triangulación con distintas técnicas e instrumentos de recogida de datos.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Bargiela, I.M., Puig, B. y Blanco P. (2018).** Las prácticas científicas en infantil. Una aproximación al análisis del currículum y planes de formación del profesorado de Galicia. *Enseñanza de las Ciencias*, 36(1), 7-23.
- Bisquerra, R. (2000).** *Educación emocional y bienestar*. Barcelona: Praxis.
- Bevins, S., Price, G. (2016).** Reconceptualising inquiry in science education. *International Journal of Science Education* 38(1), 17-29.
- Brígido, M., Couso, D., Gutiérrez, C. y Mellado, V. (2013).** The Emotions about Teaching and Learning Science: A Study of Prospective Primary Teachers in Three Spanish Universities. *Journal of Baltic Science Education*, 12(3), 299-311.

- Bullejos, J., García-Galán, A., Hierrezulo, J., Molina, E., Montero, A., Mozas, T.,...** (2008). *Física y Química 4º ESO*. Granada, España: Editorial Elzevir.
- Bullejos, J., García-Galán, A., Hierrezulo, J., Molina, E., Montero, A., Mozas, T.,...** (2008). *Física y Química 2º ESO*. Granada, España: Editorial Elzevir.
- Carrascosa, J., Perales, E., Rey, A. y Rosa, S.** (2017). La enseñanza de las fuerzas. Dificultades y orientaciones en educación secundaria. *Alambique. Didáctica de las ciencias experimentales*. Julio(89), 7-13
- Carrascosa, J., Martínez Sala, S., Sanmartín, J. A y Domínguez Sales, J.** (2016). *Física y Química 3º ESO*. Recuperado de <http://www.didactica fisica quimica.es>
- Carrascosa, J.** (2005). El problema de las concepciones alternativas en la actualidad. Análisis sobre las causas que la originan y/o mantienen. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*. 2(2), 183-208.
- Carrascosa, J. y Gil, D.** (1992). Concepciones alternativas en mecánica. *Enseñanzas de las ciencias*, 10(3).
- Driver, R.** (1986). Psicología cognoscitiva y esquemas conceptuales de los alumnos. *Investigación y experiencias didácticas*, 4(1), 3-15.
- Franco-Mariscal, A. J.** (2015). Competencias científicas en la enseñanza y el aprendizaje por investigación. Un estudio de caso sobre corrosión de metales en secundaria. *Enseñanza de las ciencias*, 33(2), 231-252.
- Garmendia, M., Guisasola, J.** (2015). Alfabetización científica en contextos escolares: El Proyecto Zientzia Live! *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias* 12(2), 294-310.
- Jiménez-Liso, M. R., Martínez-Chico, M., & Salmerón-Sánchez, E.** (2018). Chewing Gum and pH Level of the Mouth: A Model-based Inquiry Sequence to Promote Scientific Practices. *World Journal of Chemical Education*, 6(3), 113-116.
- López-Gay, R.** (2018) *Proyecto docente: Didáctica de las Ciencias Experimentales I*. Sin editar.

- López-Gay, R., Jiménez Liso, M.R., Martínez Chico, M. (2015).** Enseñanza de un modelo de energía mediante indagación y uso de sensores. *Alambique. Didáctica de las Ciencias Experimentales*, 80, 38-48.
- Martínez-Chico, M., López-Gay, R., Jiménez-Liso, M., & Trabalón Oller, M. (2017).** Una propuesta integrada para la formación inicial de maestros: desde el aprendizaje de ciencias mediante indagación y modelización a la competencia para enseñar ciencias. *Enseñanza de las ciencias, (Extra)*, 115-122.
- McMillan, J. H. y Schumacher, S. (2005).** *Investigación educativa*. Madrid, España: Pearson Educación.
- Melo, L., Cañada, F., y Mellado, V. (2017).** Initial Characterization of a Colombian High School Physics Teachers' Pedagogical Content Knowledge on Electric Fields. *Research in Science Education*. 47(1), 25-48.
- Mora, C. y Herrera, D. (2009).** Una revisión sobre ideas previas del concepto de fuerza. *Latin-American Journal of Physics Education*, 3(1).
- OECD (2016).** *PISA 2015 Assessment and Analytical Framework: Science, Reading, Mathematic and Financial Literacy*. Paris: OECD Publishing. doi: 10.1787/9789264255425-en
- Robles, A., Solbes, J., Cantó, J. R. y Lozano, O. R (2015).** Actitudes de los estudiantes hacia la ciencia escolar en el primer ciclo de la Enseñanza Secundaria Obligatoria. *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias*, 14(3), 361-376.
- Solbes, J., Montserrat, R., y Furió, C. (2007).** El desinterés del alumnado hacia el aprendizaje de la ciencia: implicaciones en su enseñanza. *Didáctica de las ciencias experimentales y sociales*, 21, 91-117.
- Tamir, P. y Amir, R. (1981).** Retrospective curriculum evaluation: an approach to evaluation of long term effects. *Curriculum inquiry*, 11(3), 259-278.
- Unesco (2016).** *Foro CILAC: Cultivando ciencias y ciudadanía*. Recuperado de <http://www.unesco.org/open-access/terms-use-ccbysa-sp>

Unión Europea (2006). *Recommendation 2006/962/EC of the European Parliament and of the Council, of 18 December, on key competences for lifelong learning.* Recuperado de <http://www.eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/PDF/?uri=CELEX:32006H0962&from=EN>

ANEXOS

Anexo I. Diario del investigador

Primera sesión: Actividades 1, 2 y 3 (Bloque I de indagación).

Tercero de ESO B (Lunes 08-04-2019)

Les comunicamos a los alumnos que damos por finalizado el bloque de Química y que comenzamos el bloque de Física. Además, se les informa de que abordaremos este bloque de manera diferente al anterior, y disponemos las mesas en clase de manera que pasamos de trabajar en 4 grupos de entre 4-5 alumnos a 5 grupos de entre 3-4 alumnos. Se observa en sus caras un cierto grado de preocupación sobre la dificultad que pueda entrañar la física, y una chica del primer grupo me pregunta si la física es muy difícil. Es reseñable que los conocimientos de estos alumnos/as sobre física son limitados, circunstancia que pudo ser constatada en la evaluación inicial llevada a cabo en el inicio del curso.

A continuación, se proyecta la presentación con las primeras actividades de la secuencia. La primera pregunta que se les plantea es “¿De qué está compuesta la lluvia?”, a lo que todos responden que agua, incluso responden H₂O. Está claro que es algo que les resulta familiar y que todos conocen, lo que hace que se animen a participar. Se trata de una primera pregunta de introducción, por lo que no se les pide que la registren, únicamente se pretende que vayan entrando en la dinámica de participar en la situación que se les plantea.

La siguiente pregunta, que además escribirán en una ficha suministrada a cada grupo, plantea lo siguiente: “¿Son todas las gotas de lluvia iguales?”. Esta pregunta es contestada por los cinco grupos con un “No”. Sin embargo, las razones que aducen son de lo más variadas:

A1. ¿Son todas las gotas de lluvia iguales?

- 1.- No, porque al caer se pueden juntar y son de diferente tamaño.
- 2.- No, porque el viento cambia su forma, tienen distinta densidad.
- 3.- No, porque son más grandes que otras.
- 4.- No, porque cada una tiene su propia forma, tamaño...
- 5.- No, porque se evaporan, se juntan con otras mientras caen, se dispersan.

Se les ha dejado tiempo para que puedan debatirlo en el grupo, de manera que puedan argumentar cada uno lo que piensa. Como se ha podido observar que en algunos grupos no se llegaba a una posición común, se les ha propuesto que reflejen ambas posturas bajo la fórmula “Uno de los miembros del grupo opina...” de manera que se reflejen todas las posturas y planteamientos del grupo. Cuando todos los grupos tienen sus propuestas, las leen en voz alta y vemos las similitudes y diferencias entre las diferentes propuestas; y se abre el debate para toda la clase, pudiendo argumentar sus propuestas o contraargumentar las de algún compañero.

A continuación, se les pregunta: “¿Qué trayectoria describirán las gotas de lluvia en un día en ausencia total de viento?”. Cuatro de los cinco grupos proponen que caen con trayectoria rectilínea, y uno de ellos opina que puede cambiar mínimamente al caer desde gran altura). Además, cuatro de los grupos introduce el concepto de gravedad como causante de esto. Al igual que en la pregunta anterior, se les ha dejado tiempo para debatirlo en el pequeño grupo y llegar a una postura común, aunque podrán reflejar las hipótesis que estimen oportuno en la ficha suministrada. Hemos podido comprobar cómo han introducido la idea de fuerza al preguntarles por la trayectoria de la gota, para tratar de argumentar sus respuestas, por lo que ya se puede atisbar el estudio conjunto que estamos haciendo de la cinemática y de la dinámica con esta secuencia.

A2. ¿Qué trayectoria describirán las gotas de lluvia en un día en ausencia total de viento?

- 1.- Caen recto por el efecto de la gravedad y no se desvía porque no se encuentra con ningún tipo de fuerza que pueda moverla al caer hacia abajo.

2.- Caen hacia abajo, es decir, recto, porque al no hacer viento no las dirige a otra dirección.

3.- Su trayectoria es recta porque no hay ningún tipo de viento que las impulse a otra dirección. La lluvia cae por la ley de la gravedad.

4.- No caen totalmente rectas porque caen desde gran altura y pueden cambiar su trayectoria aunque sea mínimamente durante el recorrido. Caen hacia abajo por la gravedad.

5.- Caen verticalmente por la fuerza de atracción de la Tierra llamada gravedad.

Por último, en esta sesión, se les pregunta “¿Cómo será el tiempo de caída de una gota fina y de una gota gorda que caen al mismo tiempo y desde una misma altura?”. Tres grupos opinan que cae antes la gota que tiene una mayor masa. Uno de estos grupos, incluso ha realizado un micro experimento dejando caer dos objetos diferentes, y concluyen que el objeto más denso cae más rápido que el ligero. Otro grupo ha realizado también dicho micro experimento con un estuche vacío y otro lleno, pero llegan a la opinión de que caen al mismo tiempo (aunque uno de los miembros de este grupo sigue pensando que llegará antes la gota gorda al tener más masa, y pide que se refleje en la ficha su opinión). Las conclusiones generales a las que se ha llegado son:

A3. ¿Cómo será el tiempo de caída de una gota fina y de una gota gorda que caen al mismo tiempo y desde una misma altura?

1.- El tiempo de caída dependerá de la masa que tienen las diferentes gotas. Llegará antes la gota más gorda, ya que tiene más cantidad de agua y pesa más que la gota más fina, y la fuerza de la gravedad la atraerá antes hacia el suelo.

2.- Llegará antes la gota más gorda porque al tener más masa pesa más y hace que caiga más rápido.

3.- Las dos gotas caen a la vez por el efecto de la gravedad, por salir a la vez y caen al mismo sitio. Hemos hecho un experimento en el que hemos tirado dos estuches, uno vacío y otro con más peso y lo hemos tirado a la vez y a la misma altura y lo hemos comprobado. Caen a la vez, da igual el peso que tengan.

4.- Llega antes la gota gorda debido a que tiene más masa que la gota fina, lo que

hace que caiga más rápido simplemente por su peso. Hemos hecho un pequeño experimento en el que hemos afirmado que el objeto más denso cae más rápido que el ligero.

5.- Depende de la salida de la gota de la nube.

Algunas observaciones sobre esta primera sesión en el grupo de tercero B:

Los alumnos, en los grupos, se han mostrado muy participativos, han hablado constantemente ciencia e incluso han llevado a cabo micro experimentos motu proprio para tratar de argumentar sus opiniones, estando muy predispuestos y centrados en la actividad.

Tercero de ESO A (Martes 09-04-2019)

A1. ¿Son todas las gotas de lluvia iguales?

1.- No, porque algunas tienen más o menos H_2O , unas caen con más velocidad que otras, tienen diferentes formas y algunas que otras caen con barro.

2.- No, porque cada gota de agua tiene su propia velocidad y densidad. Otro miembro del grupo dice que porque también hay lluvia ácida por lo cual ya es distinta a las demás.

3.- No, porque depende del clima, el viento las puede formar según el tamaño de la nube, según la temperatura...

4.- No, porque cada gota puede contener una cantidad distinta de hidrógeno o de oxígeno, al llegar al suelo se pueden formar distintas variedades de tamaño.

5.- Sí, porque siempre contiene agua.

No, porque las gotas contienen H y O pero no siempre lleva la misma cantidad de H y O.

A2. ¿Qué trayectoria describirán las gotas de lluvia en un día en ausencia total de viento?

1.- Cae en línea recta hacia abajo, sin alterar su movimiento. Experimento: Coger una botella de agua y echar un poco en el tapón y echar sobre un papel, para demostrar nuestra teoría.

2.- Como no hay viento, las gotas caerán recto porque no hay nada que intervenga

en la trayectoria.

3.- De la nube al suelo. Porque hace un movimiento rectilíneo por la ausencia de viento, y va directo al suelo.

4.- Al estar ausente el viento, las gotas no tienen ninguna dirección y caen directamente al suelo.

5.- Hacia abajo ya que no hay nada que le impida mover la trayectoria.

En cuanto a la pregunta “¿cómo será el tiempo de caída de una gota fina y de una gota gorda que caen al mismo tiempo y desde una misma altura?”, cuatro de los grupos opinan que cae antes la gota gorda, aunque en dos de ellos hay algún miembro del grupo que discrepa de esto, poniendo de manifiesto la creencia de que caen a la vez por la gravedad (en uno de los grupos intentan corroborar esto con un micro experimento consistente en dejar caer bolas de papel de distinto tamaño). En otro grupo (G4), piensan que cae antes la bola chica, estableciendo una relación entre la cantidad de oxígeno y la rapidez con la que caen las gotas (piensan que las gotas pequeñas tienen una mayor concentración de oxígeno). Tratan de explicar esto con una analogía con globos de aire.

A3. ¿Cómo será el tiempo de caída de una gota fina y de una gota gorda que caen al mismo tiempo y desde una misma altura?

Las conclusiones generales a las que se ha llegado son:

1.- No caen a la vez por el hecho de que la gravedad atrae cosas más pesadas. Un miembro del grupo piensa que caen a la misma vez por la gravedad de la Tierra.

2.- La gota gorda cae más rápido porque ocupa más volumen en el espacio e influye también la gravedad.

3.- Por una parte, la gota gorda, como pesa más, llegará antes por su peso.

Por otro lado, la gota fina podrá llegar antes por su velocidad.

4.- Cae antes la gota chica, porque al ser más chica, es menos densa. Porque pasa igual que cuando inflas un globo, cuanto más aire más rápido corre. Lo que hace que caiga es el oxígeno, por eso la gota chica al tener más oxígeno más concentrado, cae antes.

5.- Tenemos dos hipótesis:

Una es que la gota grande cae antes porque tiene mayor densidad, y también por la gravedad ya que la Tierra tiene ese efecto que lo atrae todo al suelo.

La otra hipótesis es que caen igual porque la Tierra atrae las cosas y hace la misma fuerza tanto para las cosas grandes y las cosas chicas. Esto lo hemos comprobado con un pequeño experimento. Hemos tirado una bola de papel chica y otra grande. Aquí es cuando hemos puesto nuestra idea en debate.

Algunas observaciones sobre esta primera sesión en el grupo de tercero A:

Los alumnos, en los grupos, se han mostrado muy participativos, han hablado constantemente ciencia e incluso han llevado a cabo micro experimentos motu proprio para tratar de argumentar sus opiniones, estando muy predispuestos y centrados en la actividad.

En el grupo 5, se establecieron debates muy intensos entre uno de los integrantes del mismo y el resto. Trató de convencer a sus compañeros de sus hipótesis, aunque estos no estaban de acuerdo con ella y defendían una idea común contraria a esta. Observamos cierta frustración en esta alumna, ya que estaba totalmente convencida de sus hipótesis y no comprendía la negativa de sus compañeros en aceptarla; en varias ocasiones expresó lo siguiente: “es que no me entendeis, pero yo sé lo que digo, pero no se explicarlo bien”.

Otro aspecto a reseñar, y que nos ha resultado muy gratificante, es el concerniente a la actitud de una integrante del grupo 1. Se trata de una alumna que ha tenido una actitud pasiva y de desinterés en la asignatura en los otros dos trimestres. Sin embargo, ha sido una de las alumnas más activas en esta primera sesión, proponiendo ideas, debatiendo con sus compañeros/as, y llevando a cabo motu proprio uno de los micro experimentos, de los que hablábamos anteriormente, para tratar de argumentar sus ideas.

Por otro lado, hemos observado que la secuencia ha creado una expectación que no me esperaba. Por ejemplo, al finalizar la sesión, varios alumnos/as quería que se les dijese qué gota caía antes. Y como no se les solventó su duda, dijeron que lo buscarían en internet ya que no podían estar sin saberlo

después de haber estado la sesión preguntándose sobre ello. Además, al salir de clase, los alumnos seguían preguntándose sobre ello a pesar de haber finalizado la clase (algo que no había observado con anterioridad). Al día siguiente, la profesora de lengua, comentó que los alumnos seguían dándole vueltas a la pregunta y se encontraban algo nerviosos por no saber qué ocurría en realidad. Esto nos hace reflexionar sobre la forma en la que se imparte clase de manera habitual, en la que se les presenta los contenidos desde el principio, perdiendo la oportunidad de generar este tipo de sentimientos en los alumnos, que podríamos utilizar en pos de un aprendizaje más significativo con la curiosidad y la indagación por bandera.

Segunda sesión: Actividades 4 y 5 (Bloque I de indagación).

Tercero de ESO A (Miércoles 10-04-2019)

Les comunicamos a los alumnos que vamos a seguir trabajando sobre la situación que se les planteó en la sesión anterior sobre la caída de las gotas de lluvia. En esta sesión se les plantea (A4) que diseñen alguna manera de comprobar las hipótesis que plantearon en la sesión anterior acerca de la velocidad de una gota gorda y una fina que caen desde una misma altura y al mismo tiempo.

Para ello, y a diferencia de la sesión anterior, les indicamos que primero diseñen el experimento de manera individual (registrando esto en un folio de manera individual) durante unos minutos. Con esto, pretendemos que cada uno de los alumnos/as tengan su momento de creatividad y reflexión individual antes de la puesta en común.

A continuación, debaten cada una de las propuestas en los grupos de manera que se elabore una propuesta común final por cada uno de los grupos. Finalmente, se exponen las propuestas en el gran grupo, para lo que el portavoz de cada grupo la expone y el resto de la clase opina lo que estime oportuno sobre ello.

Hacemos notar aquí, que en esta situación intentamos adoptar un rol diferente al que desempeñamos habitualmente, de manera que nos limitamos a hacer de mediador entre los alumnos, pero sin opinar sobre la idoneidad de los

diferentes diseños, ya que consideramos que esto empobrecería el debate entre ellos.

A4. Diseño de un experimento para comprobar las hipótesis planteadas.

1.- Meter agua en jeringuillas de diferente grosor, colocar un móvil de forma que la cámara capte la caída de las gotas, tirar gotas de las diferentes jeringuillas, grabar a cámara lenta, y comprobar el resultado.

2.- Podríamos subir a la azotea y que uno se quede abajo en el patio. Los que están arriba tiran dos gotas de agua al mismo tiempo. Una gota tiene que ser gorda y la otra fina, y que los que están abajo digan qué gota ha caído antes. Y para no tener que repetirlo, ponemos una cámara grabando la caída, y si hay dudas se revisa la grabación a cámara lenta.

3.- Lo intentamos demostrar con un cristal, con una cámara y dos goteros con agua (los goteros llevarán diferente densidad de agua). Entonces, con el cristal tumbado, echaríamos una gota al lado de otra (una sería más gorda que la otra), pondríamos la cámara a grabar a cámara lenta, e inclinaríamos el cristal a ver el resultado.

4.- Lo comprobaríamos cogiendo un aparato que haga lluvia, es decir, un condensador, y mirar qué gota cae primero con la ayuda de una cámara lenta.

5.- Se llena dos globos de agua. Para que el experimento sea más fácil de hacer, los hacemos en el laboratorio. Un compañero se sube a una mesa mientras el otro coloca la cámara lenta en el suelo. A continuación, se sueltan los globos y se mira con la cámara lenta qué globo ha caído antes.

Nos ha llamado la atención que el 100% de los grupos han incluido en sus diferentes propuestas el uso de una cámara lenta para verificar cada uno de ellas. Esto nos lleva a pensar que ha sido pronunciado en voz alta por uno de los grupos durante la discusiones en pequeño grupo, y que ha sido incluido por los demás al ser considerado como algo idóneo para verificar sus hipótesis.

Algunas de las objeciones de los alumnos/as a los diseños de sus compañeros/as han sido los siguientes:

- Sobre la propuesta del grupo 2, los alumnos/as (grupo 1) objetan que sería muy difícil ver las gotas de agua dejadas caer desde la azotea.

- Para la propuesta del grupo 3, los compañeros/as (grupo 5) dicen que el contacto con el cristal hace que se muevan de manera diferente a como lo hacen en caída libre. Llegan a utilizar la expresión: “porque se frena”. En este punto, decidimos no ahondar en la situación (manteniendo ese rol de observador del que hablaba anteriormente) ya que nuestra intención es no introducir otras fuerzas distintas a la de la gravedad por el momento, de manera que los alumnos siguen debatiendo las distintas propuestas.

- En cuanto a la propuesta del grupo 4, observamos cierta incredulidad por parte de la mayoría de los alumnos/as en cuanto al término de aparato de lluvia que propone este grupo.

- Las propuestas de los grupos 1 y 5 han sido las que han tenido una mayor aceptación por parte del grupo clase.

Tras debatir en el grupo clase, los grupos defienden sus propuestas como las más idóneas, excepto los integrantes del grupo 3, que han sido convencidos por sus compañeros/as y proponen un experimento muy similar al del grupo 5 (grabar a cámara lenta dos objetos en caída libre). Sin embargo, sí que llegan a la conclusión de que existe un elemento común a todas las propuestas, que consiste en dejar caer algo (gotas u objetos de distinto tamaño) para comprobar cual cae antes. Esto es algo bastante intuitivo que los alumnos han expresado desde la primera sesión, cuando realizaban experimentos exprés dejando caer estuches vacíos y llenos para contrastar sus hipótesis.

A continuación, les proponemos tratar de hacer un experimento muy similar al propuesto por ellos pero utilizando bolas de plastilina de distinta masa (A5). Se trata de una experiencia muy sencilla de realizar que llevaremos a cabo de manera cualitativa, es decir, que observaremos la caída de las bolas de plastilina desde una de las plantas del IES para ver qué ocurre. En los pasillos de cada planta del IES hay un hueco con una barandilla que tiene como fin el aprovechamiento de la luz natural en las aulas. Nos valemos de esto para llevar a

cabo la experiencia en ausencia de viento. Un observador de cada grupo se va a la planta -1, y los demás nos situamos en la planta +1 que es en la que se encuentra el laboratorio, para facilitar la realización de la misma, y pesar y anotar las bolas de plastilina. Por lo tanto, la altura total desde la que se deja caer las bolas es de dos plantas.

La masa de las dos primeras bolas de plastilina son de 2 y 15 gramos. Las dejamos caer, y vemos que la bola gorda cae un poco antes que la fina, término que los observadores de la planta -1 corroboran. Esto no es lo que se pretendía con la experiencia, ya que nuestra intención era que en primera instancia tuviéramos una situación en la que no tuviera relevancia el efecto de resistencia del aire, de manera que las bolas cayeran a la vez en una situación simplificada en la que trabajamos con la fuerza de la gravedad, que es la que ha salido a relucir en los debates mantenidos entre ellos/as. Pero no comentamos nada y nos limitamos a decirles que anoten los resultados obtenidos, y que vamos a realizar más experiencias. Quizás podamos convertir este contratiempo en una oportunidad educativa si realizamos el estudio más adelante de la influencia de otras fuerzas como la del rozamiento del aire.

Ahora realizamos una segunda experiencia a la misma altura que la anterior, pero con bolas de 13 y 22 gramos. El resultado es que las bolas caen a la vez, de manera que los alumnos se encuentran algo desconcertados por el diferente resultado de las dos experiencias. Realizamos un tercer resultado con dos bolas de 17,8 y 22 gramos, dando como resultado nuevamente la caída simultánea de las dos bolas.

Debido al contratiempo de la primera experiencia, con resultados opuestos, los alumnos no tienen claro qué es lo que ocurre y vuelven a solicitar que se les de la información correcta acerca de la caída de las bolas, a lo que nos oponemos diciéndoles que disfruten del proceso que están viviendo. Ya empiezan a hacer sus primeras elucubraciones al respecto, argumentando que en la primera experiencia llega antes la gorda porque la diferencia de peso con la fina es mayor que en las otras experiencias. Finalmente, y ante el inminente final de la sesión, les

proponemos llevar a cabo la experiencia en la siguiente sesión (después de semana santa) midiendo tiempos para seguir sacando conclusiones.

Algunas observaciones sobre esta segunda sesión (grupo A):

Los alumnos, en los grupos, se han mostrado muy participativos, han hablado constantemente ciencia, y tratando de argumentar sus propuestas y de rebatir las de sus compañeros/as. Al igual que en la sesión anterior, los alumnos muestran un gran interés en saber qué es lo que ocurre, y me da la sensación de que los alumnos terminan la sesión con una significativa apetencia de saber más y con una considerable intriga. Por el momento, la valoración que hacemos del transcurso de la secuencia es positiva y muy gratificante.

Tercero de ESO B (Jueves 11-04-2019)

A4. Diseño de un experimento para comprobar las hipótesis planteadas.

- 1.- Ponemos una escalera y nos subimos a ella con las pipetas de diferente tamaño para poder comprobarlo. Luego a la misma altura y al mismo tiempo tiramos las gotas desde la escalera. Abajo habrá una cámara para grabarlo y luego veremos la grabación a cámara lenta para comprobar qué gota cae antes. De esta manera miraremos cuál llega antes al suelo.
- 2.- Tiraríamos dos cosas a la vez, una más grande y otra más pequeña. Las dos desde la misma altura, y para saber cuánto tardan ponemos un cronómetro y miramos el tiempo que tarda cada una.
- 3.- Tenemos dos latas y dos pistolas de bolas, con dos bolas de diferente tamaño. Hay que disparar a las latas y hay que cronometrar para que salgan a la vez, y la grande llegará después.
- 4.- Para comprobar que la gota con más masa cae a más velocidad que la que tiene menos masa, una persona se pondría desde un balcón a cierta altura y otra persona se pondrá abajo. La persona que está arriba tirará dos objetos como por ejemplo una maceta y una pelota de ping-pong. La persona que está abajo comprobará qué objeto cae más rápido. De esta manera comprobaremos si cae más rápido el objeto más denso o el menos.

5.- Hemos pensado hacer el teorema de Pitágoras, pero en vez de calcular la altura y la sombra, hemos calculado la velocidad y la distancia.

Una de las propuestas (G1) consiste en tratar de medir el tiempo de caída de dos gotas de agua de distinta masa desde una cierta altura; encontrando otras dos propuestas muy similares a esta (G2 y G4), utilizando objetos en lugar de las gotas de agua. Otro grupo (G3) propone un diseño con pistolas de bolas y latas (el impacto será el indicador para conocer qué bola llega antes). Por último, me ha llamado la atención la propuesta de un grupo (G5) que plantea realizar dicho experimento aplicando el teorema de Pitágoras. Han reducido la tarea de diseño experimental a un planteamiento de un ejercicio típico de lápiz y papel, encontrándose cómodos en este rol, pero sin entender bien el encaje que le quieren dar a dicho teorema en la actividad propuesta. Otro aspecto en el que me he fijado, es que ningún grupo ha mencionado el uso de una cámara superlenta para grabar la caída de los objetos, situación que planteó el 100% de los grupos del otro tercero de la ESO.

En cuanto al experimento consistente en dejar caer bolas de plastilina de distinta masa (A5), hacemos notar aquí, que hemos realizado algunos cambios respecto a las condiciones del experimento llevado a cabo con el otro tercero, para evitar que se aprecie la influencia de la fuerza de rozamiento del aire. Para ello, las bolas de plastilina tienen una masa similar a la experiencia dos llevada a cabo con 3ºA. Además, las bolas se han dejado caer de la planta baja a la -1, de manera que la distancia recorrida será de una planta. Un observador de cada grupo se va a la planta -1, y los demás nos situamos en la planta 0, que es en la que se encuentra la entrada principal del IES. Las bolas llegan al suelo al mismo tiempo, siendo corroborado esto por los observadores de cada grupo que se encuentran en la planta -1.

Tercera sesión: Actividades 6 y 7 (Bloque I de indagación).

Tercero de ESO B (Lunes 22-04-2019)

Les comunicamos a los alumnos/as que vamos a seguir trabajando algunos aspectos relacionados con la caída de las gotas de lluvia, y les planteo la siguiente

pregunta:

A6. De la actividad anterior habéis concluido que la masa no influye en la rapidez con la que caen las bolitas de plastilina, pero, ¿dicha rapidez es constante o varía conforme van cayendo estas? ¿De qué depende? Razonad vuestra respuesta. Debatid esto en el pequeño grupo, y escribid vuestras reflexiones en este documento.

Las respuestas que han aportado son recogidas::

A6. Variación de la rapidez de un cuerpo en caída libre

1.- Varía conforme va cayendo. Va aumentando porque va cayendo cada vez más rápido dependiendo de la masa. Contra más pesa, más velocidad pilla.

2.- Creemos que caen a una velocidad constante ya que ninguna fuerza les impide ir a otra velocidad, como por ejemplo el viento. Depende de la fuerza que ejerzan sobre ellas.

3.- Varía conforme va cayendo porque el efecto de la gravedad, va de más lento a más rápido.

4.- Creemos que es constante su velocidad porque la velocidad no varía en su tiempo de caída. Por otro lado un participante del grupo cree que la velocidad varía por la gravedad. Cuanto más espacio recorre más rápido irá. Al principio cae más lento y después cae más rápido. Al final todos estamos de acuerdo con la segunda opción porque tras debatir hemos coincidido en que la gravedad actúa.

5.- Pensamos que varía la velocidad conforme va cayendo si la distancia es grande y la masa también.

Cuatro grupos (G1, 3, 4 y 5) opinan que la rapidez varía conforme va cayendo el cuerpo, y uno (G2) que la velocidad es constante. En este punto, queremos poner de manifiesto algunos aspectos que nos parecen reseñables:

- Los grupos 1 y 5 atribuyen el aumento de velocidad al peso y la masa del cuerpo respectivamente. Relacionan un mayor cambio en la velocidad con una mayor masa o una masa grande, y aunque es cierto que la fuerza de atracción que ejerce la Tierra sobre los objetos se debe a la propiedad “masa” de estos, el cambio de la velocidad de los cuerpos es constante en el contexto que estamos trabajando (9,8

m/s²). De manera implícita, vuelven a la idea de que a mayor masa, mayor velocidad, a pesar de las experiencias realizadas anteriormente.

- El grupo 2 (que es el único que opina que el cuerpo cae a velocidad constante), aduce que la no existencia de otras fuerzas (como podría ser la del viento) hace que caiga a velocidad constante. Este grupo no está teniendo en cuenta la fuerza de la gravedad, que es la responsable de la caída y del cambio de la velocidad del cuerpo.

- Los grupos 3 y 4 proponen que la rapidez del cuerpo irá en aumento, y que se debe a la fuerza de la gravedad (sin profundizar en ello demasiado).

A continuación les pedimos que diseñen alguna manera de comprobar las hipótesis que han planteado. Los diseños que proponen son los siguientes:

A7. Diseño de un experimento para comprobar las hipótesis planteadas.

1.- Tiramos dos monedas, una desde dos metros de distancia y la otra desde seis metros y comprobamos cual hace el agujero más profundo en cubo de arena. Llevaría más velocidad la moneda que haga el agujero más profundo, y menos velocidad el que no.

2.- Hemos tirado un estuche que pesa y un boli que pesa menos, y hemos visto que caían a la misma velocidad sin importar el peso.

3.- Cuando tiras un balón por la ventana está a velocidad cero, y mientras que va bajando irá subiendo la velocidad por la fuerza de la gravedad que lo atrae, así que para saber si va de menos a más, cronometramos el tiempo desde que sale de nuestras manos hasta el suelo.

4.- Necesitaremos tres personas y dos cámaras. Una persona se colocará a cierta altura. La segunda persona se colocará a por ejemplo a tres metros debajo de la primera persona, y la tercera persona se colocará a tres metros de la segunda persona. La primera persona tirará un objeto. La segunda y la tercera grabarán la caída de su tramo. Después detenidamente miraremos la grabación y calcularemos el tiempo que ha tardado en caer. Para saber la velocidad haremos una fórmula en la que relacionaremos el tiempo. La velocidad calculada será una media de la

velocidad que lleva, pero en las grabaciones se verá cuanto tiempo ha tardado en caer en cada tramo por lo que estimaremos la velocidad. Otra compañera del grupo ha propuesto un objeto parecido a un radar para medir la velocidad exacta.

5.- Llenamos dos globos de agua y luego los tiramos de una cierta distancia, por ejemplo 10 metros. Usando un móvil grabamos los globos cayendo y luego los ponemos en cámara lenta para ver el globo que ha caído antes.

La propuesta del grupo 1 nos ha parecido muy interesante. Proponen un diseño en el que relacionan el distinto tamaño del agujero, hecho por el cuerpo en su caída, sobre arena depositada en un cubo. Los grupos 2 y 5 no han comprendido bien la pregunta, de lo que tomamos nota para ser más explícitos en el otro grupo de tercero, ya que siguen proponiendo diseños para experimentar con cuerpos de distinta masa.

El grupo 3 propone la medida del tiempo de caída del cuerpo. Sin embargo, no caen en la cuenta de que esta medida a una única altura resulta insuficiente.

El grupo 4 ha sido el único grupo que ha propuesto un diseño coherente, con el que podrían demostrar que la rapidez con la que el cuerpo cae, es cada vez mayor.

Hemos podido observar que a los alumnos/as les ha resultado más difícil plantear un diseño para esta actividad.

Tercero de ESO A (Martes 23-04-2019)

De manera análoga al otro grupo de tercero, les propongo a los alumnos/as las actividades 6 y 7, de las que obtenemos los siguientes resultados:

A6. Variación de la rapidez de un cuerpo en caída libre

1.- La velocidad varía conforme van cayendo, pensamos que varía en aumento. Un ejemplo sería al hacer una carrera, la velocidad de salida no es igual a la de llegada a la meta. El porqué es por la fuerza de la gravedad.

2.- Varía por el rozamiento que tiene con el aire y depende de la gravedad, cada vez va más rápido.

3.- (No han asistido a clase dos miembros del grupo, y se ha reubicado a la tercera

integrante en el grupo 1, por lo que no se conforma el grupo 3 en esta sesión).

4.- Varía porque a más velocidad, más fuerza coge y por eso va aumentando la velocidad.

5.- Varía porque la fuerza de la gravedad de la Tierra, es mayor que el rozamiento del aire.

Algunos aspectos que nos parecen reseñables son:

- El grupo 1 trata de establecer una analogía no válida con una carrera, que transcurre en el plano horizontal y en el que intervienen un gran número de factores, como la voluntad del corredor de aumentar o disminuir la velocidad en la carrera. Tras debatirlo con el resto de grupos, acuerdan que su razonamiento no es aplicable a la situación que nos atañe.

- El grupo 2 introduce la idea de rozamiento con el aire, haciendo responsable a este de la variación de la velocidad del cuerpo. El grupo 5 también introduce la idea de rozamiento del aire, pero de una manera más acertada, ya que explican que la velocidad varía por la fuerza de la gravedad, y porque esta es mayor que la fuerza de rozamiento del aire. Nos detenemos un poco en esta idea, todo el grupo clase, ya que nos permite hablar por primera vez en la secuencia de fuerzas a favor y fuerzas en contra del movimiento, además de introducir de manera implícita la idea de aditividad de las fuerzas.

- El grupo 4 relaciona la velocidad del cuerpo con la capacidad de este de “coger” más fuerza, es decir, expresa su idea de fuerza como propiedad que puede ser poseída por los cuerpos (en lugar de interacción entre ellos).

A7. Diseño de un experimento para comprobar las hipótesis planteadas.

1.- Tirar una bola de plastilina desde la planta de arriba hasta el sótano, y medir espacio y tiempo de caída. Luego tirar una bola con las mismas características pero cambiando el espacio a uno menor. Se hace la fórmula $v=e/t$. Si sale el mismo resultado se demuestra que es constante, pero si no sale el mismo resultado nuestra hipótesis queda demostrada.

2.- Desde la azotea de un edificio tiramos un objeto, en cada piso del edificio

ponemos radares para controlar la velocidad. Cuando el objeto haya caído revisamos los radares y podremos comprobar que la velocidad del objeto ha variado.

3.- (No han asistido a clase dos miembros del grupo, y se ha reubicado a la tercera integrante en el grupo 1, por lo que no se conforma el grupo tres en esta sesión).

4.- Poniendo una cámara a grabar y poniéndolo en cámara superlenta, porque así se podría ver más claro cómo caen las gotas. También se podría experimentar tirando dos trozos de plastilina iguales desde la misma altura, también se podría calcular el tiempo y el espacio que tarda en pasar la pantalla de la cámara.

5.- Colocamos una cama elástica en el sitio donde va a caer, subimos a un sitio alto, metemos el cuentakilómetros dentro de la bola y activamos el cuentakilómetros. Cerramos la bola y la tiramos después de conectarlo a la tablet. Y luego, mientras va cayendo vamos observando cómo va aumentando la velocidad.

Todas las propuestas son bastante originales, y podrían servir para tratar de contrastar las hipótesis planteadas, sin embargo la del grupo 1 es la que podría llevarse a cabo con los materiales de los que disponemos en el laboratorio (de hecho es muy parecida a la que llevaremos a cabo en la siguiente sesión).

Resaltamos aquí que los resultados han sido mucho más satisfactorios que con el otro grupo, pudiendo deberse a que en esta ocasión me he asegurado de que todos los grupos entendían qué les estaba pidiendo, remarcando la diferencia con la experiencia anterior sobre cuerpos de distinta masa.

Cuarta sesión: Actividad 8 (Bloque I de indagación).

Tercero de ESO A (Miércoles 23-04-2019)

La experiencia que han llevado a cabo consiste en dejar caer una bola de plastilina desde dos alturas diferentes, midiendo el tiempo que transcurre desde que se deja caer hasta que llega al suelo. En una de las ocasiones se deja caer desde la primera planta hasta el sótano, y en la segunda ocasión desde la planta baja hasta el sótano.

Para ello, en primer lugar han medido las distancias con ayuda de un

cordel y una regla de un metro que les he suministrado. A continuación, han medido el tiempo transcurrido en la caída de la bola desde las distintas alturas consideradas, con ayuda de una aplicación cronómetro del móvil. Debido a que la bola recorre estas distancias en un intervalo de tiempo muy corto (en torno al segundo), decidimos hacer tres medidas de tiempo para la distancia a recorrer por la bola desde la primera planta, y cuatro medidas desde la planta baja.

Además, para optimizar el tiempo del que disponemos para la sesión, acordamos lo siguiente: la medida de las alturas con el cordel las lleva a cabo un equipo confeccionado con un miembro de cada grupo; para la medida de tiempos de la primera distancia, confeccionamos otro equipo con un segundo miembro de cada grupo; y para la segunda distancia, con un tercer miembro de cada grupo.

Cuando se realiza la medida de las alturas, los miembros restantes de cada grupo redactan en su ficha de la sesión lo que van a llevar a cabo; y cuando el segundo equipo realiza las mediciones de tiempo de la primera altura, el resto realiza el cálculo de las velocidades medias con las distintas mediciones realizadas. Mientras tanto, el tercer equipo realiza la medición de tiempos de la segunda altura.

Resultados obtenidos (A8):

Altura	Tiempos		Velocidades		Media
$y_1=5,62$ m	$t_1=0,92$ s	$t_3=1,09$ s	$v_1=6,10$ m/s	$v_3=5,14$ m/s	$v_{y1}=5,76$ m/s
	$t_2=0,99$ s	$t_4=0,92$ s	$v_2=5,68$ m/s	$v_4=6,12$ m/s	
$y_2=9,31$ m	$t_1=1,35$ s	$t_3=1,23$ s	$v_1=6,92$ m/s	$v_3=7,55$ m/s	$v_{y2}=6,95$ m/s
	$t_2=1,46$ s		$v_2=6,385$ m/s		

La diferencia en las velocidades medias a distintas alturas indica el aumento progresivo de la velocidad durante la caída.

Tercero de ESO B (Jueves 25-04-2019)

De manera análoga a como se hizo en el otro grupo, llevamos a cabo la experiencia propuesta y obtenemos los siguientes resultados:

Resultados obtenidos:

Altura	Tiempos		Velocidades		Media
	$t_1=0,990$ s	$t_4=0,991$ s	$v_1=5,70$ m/s	$v_4=5,70$ m/s	$v_{y1}=5,85$ m/s
$y_1=5,65$ m	$t_2=0,908$ s	$t_5=1,025$ s	$v_2=6,22$ m/s	$v_5=5,51$ m/s	
	$t_3=0,922$ s		$v_3=6,12$ m/s		
	$t_1=1,24$ s	$t_3=1,31$ s	$v_1=7,52$ m/s	$v_3=7,11$ m/s	$v_{y2}=7,45$ m/s
$y_2=9,32$ m	$t_2=1,20$ s		$v_2=7,74$ m/s		
			$v_3=7,11$ m/s		

Observamos que les es gratificante realizar la experiencia, ya que les resulta motivador moverse por el IES, medir ellos mismos el cordel con el metro, observar como cae la bola, etc. Sin embargo, a diferencia de otras experiencias o “cacharreo” llevado a cabo en el laboratorio, esta experiencia está enmarcada en una secuencia, constituyendo una parte de los pasos que han ido dando, por lo que dicha experiencia podría tener una mayor significación para ellos, con respecto a si se hubiera llevado a cabo de manera aislada. Además, se puede apreciar que realizan rápidamente y de manera concentrada los cálculos de las velocidades, que a priori podría constituir la parte más tediosa de la práctica, ya que los resultados obtenidos les informará sobre si sus hipótesis eran correctas o no.

Quinta sesión: Actividades 9, 10, 11 y 12 (Bloque II de modelización).

Tercero de ESO B (Lunes 06-05-2019)

Tercero de ESO A (Martes 07-05-2019)

Las sesiones 5 y 6 de las sesiones serán las sesiones más eminentemente teóricas, de manera que se dan a conocer algunos aspectos del modelo científico que queremos que utilicen para explicar los acontecimientos experimentales de las sesiones anteriores. Sin embargo, hemos seleccionado los contenidos estrictamente necesarios requeridos para la secuencia, que para esta sesión son:

- El valor de la fuerza ejercida por la Tierra sobre los objetos es $P=m \cdot g$, teniendo en cuenta la constancia del valor de “g” y sus unidades de cambio de velocidad (A9).

- También se trabaja el aumento de dicha fuerza al aumentar la masa (A10 a 12).

Procedimiento seguido:

Les hemos proporcionado a cada alumno una ficha similar a la de los días anteriores para que registren las respuestas a las actividades propuestas (que redactarán de manera individual), y los diferentes contenidos trabajados (explicados por el profesor con participación de los alumnos mediante preguntas profesor-alumno).

Observaciones más relevantes de esta sesión:

Actividad 9. Les preguntamos qué ocurre con la fuerza ejercida por la Tierra sobre una bola si le añadimos plastilina hasta que su masa es el doble a la que inicialmente tenía, ayudándose de la ecuación del Peso. En esta actividad, hemos creído conveniente explicar que las unidades de “g” son de cambio de velocidad, y que su valor es constante en las distancias que estamos considerando.

Los alumnos no tienen dificultades en la aplicación de la ecuación del Peso para comprobar que este aumenta al aumentar la masa del cuerpo. Sin embargo, apreciamos que aplican mecánicamente la fórmula sin un entendimiento profundo del significado físico que conlleva. Esto será puesto de manifiesto en las siguientes actividades.

Actividad 10. Tenemos una bola y un cilindro de acero de 68,03 g y 201,77 g respectivamente, y les pedimos que determinen los pesos, para a continuación preguntarles:

- ¿Cuál es atraído por una fuerza mayor?

- Si los dejamos caer desde la primera planta del IES, ¿cuál llegará antes al suelo?

En esta actividad, la primera parte es resuelta sin dificultad por aplicación de la fórmula del peso. Sin embargo, al preguntar cuál llegará antes, varios alumnos responden que llegará antes la que es atraída con una mayor fuerza (esto ocurre en los dos grupos de tercero de la ESO). Puesto que se concluyó en las actividades anteriores que la masa no influía en el tiempo de caída (para objetos similares a los utilizados en esta sesión), queda de manifiesto que no han entendido en la actividad anterior la relación proporcional entre masa y fuerza

peso. Por lo tanto, hemos podido observar en esta actividad una cierta persistencia del modelo intuitivo de los alumnos (cuerpos con mayor masa o con mayor fuerza peso, caen más rápido), así como que la resolución de numerosas actividades numéricas por aplicación de una fórmula, sin la contextualización adecuada, no produce entendimiento conceptual de la situación.

Actividad 12. En esta actividad se les pide que expliquen los resultados de la experiencia en la que las bolas de distinta masa caen a la vez, mediante la expresión de la fuerza peso y teniendo en cuenta la constancia de la intensidad gravitatoria “g”.

Encuentran serias dificultades en relacionar los resultados de la experiencia con la constancia de “g”, así que decidimos explicar el valor de g como cambio en la velocidad, también denominada aceleración. Sin embargo, explicitamos en todo momento que aceleración es cambio en la velocidad, ya que nuestra intención es que relacionen “g” con lo que hemos estado trabajando en las sesiones anteriores (la velocidad).

Debido a que estamos haciendo uso de unos pocos conceptos para explicar los fenómenos observados, puede ocurrir, como en esta actividad, que tengamos que incrustar mini explicaciones conceptuales en la secuencia. Sin embargo, consideramos que esto nos permite disponer de más tiempo para las reflexiones de los alumnos/as y las experimentaciones realizadas (“menos es más”).

Sexta sesión: Actividades 13, 14, 15 y 16 (Bloque II de modelización).

Tercero de ESO A (Miércoles 08-05-2019)

Tercero de ESO B (Jueves 09-05-2019)

Los contenidos de esta sesión son los siguientes:

- Representación de fuerzas mediante vectores (punto de aplicación, dirección, sentido y módulo) A13 y 14.
- Aumento o disminución de la velocidad del cuerpo dependiendo de que la fuerza actúe “a favor” o “en contra” del movimiento de este (para lo que nos será útil el estudio previo de vectores).
- Recapitulación del bloque II.

Procedimiento seguido:

Se les ha proporcionado a cada alumno una ficha similar a la de los días anteriores para que registren las respuestas a las actividades propuestas (que redactarán de manera individual), y los diferentes contenidos trabajados (explicados por el profesor con participación de los alumnos mediante preguntas profesor-alumno).

Observaciones más relevantes de esta sesión:

Actividad 13 y 14 (Representación de vectores). Dibujan los cuerpos de acero de la actividad anterior cayendo y representan mediante vectores la fuerza peso.

Hemos podido observar que representan, por lo general, correctamente los vectores de la fuerza peso (incluso el módulo del cuerpo con más masa es representado correctamente con un vector de mayor longitud). Se trata de un concepto nuevo, recientemente aprendido, que han asimilado rápido. Sin embargo, nos parece más interesante el hecho de que varios alumnos/as dibujan el objeto más pesado por debajo del menos pesado. Que aflore la idea de que el objeto más pesado llega antes al suelo, en este tipo de situaciones en las que bajan un poco la guardia ya que están pendientes de otra tarea (en este caso representar los vectores) nos da una idea de la persistencia de dicha concepción alternativa.

Actividad 15 y 16 (Efectos dinámicos). En estas actividades, apoyándonos en la representación de vectores trabajado en las actividades anteriores, se estudia la influencia de la fuerza peso sobre el cambio de velocidad de la bola dependiendo de si la fuerza actúa en el mismo sentido del movimiento del cuerpo, o en sentido contrario (lo que denominamos como “a favor” o “en contra”).

Séptima sesión: Actividades 17 y 18 (Bloque III).

Tercero de ESO A (Martes 14-05-2019)

Tercero de ESO B (Lunes 13-05-2019)

Actividad 17 (Velocidad de moldes de magdalenas). En esta sesión se propone a los alumnos/as una serie de cuestiones relacionadas con la caída de un

molde de magdalena con el objetivo de introducir el concepto de fuerza de rozamiento, pudiendo de esta manera ampliar nuestro modelo. Se proyecta en la pantalla la actividad 17 y se les pide que respondan a las preguntas de manera individual. Para ello, se les ha proporcionado a cada alumno una ficha similar a la de los días anteriores para que registren las respuestas a las actividades propuestas.

Grupo B

A17. ¿Cómo es el movimiento de un molde magdalena cuando se deja caer desde una determinada altura?, ¿cambia la velocidad del molde?, ¿por qué?

1.1.- Va bajando meneándose hacia los lados. La velocidad del molde va cambiando porque la masa pequeña y ligera.

1.2.- En línea recta acelerando su velocidad porque el sentido y dirección está a favor de la fuerza de velocidad. Cambia la velocidad y va aumentando porque el sentido y dirección está a favor, por lo que la velocidad aumenta.

1.3.- Se mueve en línea recta hacia abajo por el efecto de la gravedad, y por la masa del molde. Conforme cae el molde, más velocidad toma hasta llegar al suelo.

2.1.- Recto ya que no hay viento. La velocidad no cambia por la fuerza de la gravedad.

2.2.- Al ser de papel, es muy ligero, entonces se va hacia distintas direcciones. La velocidad creo que varía por el peso del molde, de menos a más.

3.1.- Recto hacia abajo por la fuerza gravitatoria que ejerce la Tierra sobre el molde de magdalena. La velocidad va de menos a más porque lo va atrayendo la Tierra con más fuerza.

3.2.- Cae poco a poco, planeando hasta caer moviéndose de lado a lado. La velocidad sí cambia porque va a seguir cayendo poco a poco. Pero contra más altura, va a caer con más velocidad por la fuerza de gravedad.

4.1.- Al soltar la magdalena desde una altura grande, caerá todo recto y al ir cayendo aumentará la velocidad producido por la gravedad de la Tierra.

4.2.- Caerá en línea recta, pero al ser plástico y pesar muy poco, a lo mejor puede

desviarse. La fuerza de gravedad actuará a su favor por lo que la velocidad del molde cada vez aumentará más, produciéndose así una aceleración. Aunque tiremos dos moldes de distinta masa, no influirá en la caída y llegarán los dos a la vez.

5.1.-El molde va a caer hacia abajo con movimiento rectilíneo. Cuando cae de un metro de altura, la velocidad aumenta mediante la fuerza de atracción de la Tierra.

5.2.- Al soltarlo irá hacia abajo casi en línea recta porque planeará un poco. Aumentará la velocidad al principio y luego irá a velocidad constante porque no tienen la suficiente masa como para aumentarla.

Grupo A

1.1.- Va a caer más lento al ser papel y no tener la misma masa que la bola, ni tener el mismo material.

1.2.- El molde, a medida que cae, disminuye de velocidad debido al roce del aire con la base del molde.

2.1.- Creo que el mismo movimiento. No cambia la velocidad porque al ser papel, no cambia y va lento.

2.2.- Es un movimiento recto. La velocidad no cambia, porque la fuerza de rozamiento iguala al de la atracción de la Tierra.

2.3.- Si dejamos de lado los factores que intervienen en el proceso, el movimiento es recto y lento. La velocidad sí cambia.

3.1.- Depende de muchas cosas. No es lo mismo que por ejemplo haga viento o no. En el caso de que no haga viento ni ningún otro factor que le afecte al molde, este caerá recto hacia abajo.

3.2.- La velocidad es constante. El movimiento es giratorio alternativo.

3.3.- El movimiento es lento. Pero el tiempo también interviene. Al ser de papel, pesa poco. Si llueve, el papel se moja y cae más rápido porque la densidad aumenta. Si hace viento, más lento todavía, porque vuela, se desplaza en el sentido del viento. La velocidad no cambia porque da lo mismo la altura. Lo importante es la densidad y el tiempo.

4.1.- El movimiento es constante e irregular. No cambia, va siempre a la misma

velocidad.

4.2.- Es un movimiento giratorio circular, y a tiempo lento. La velocidad sí cambia porque está en caída, por lo tanto la velocidad aumenta.

4.3.- (En blanco).

5.1.- Puede ser diferente. Depende del lugar, su tamaño, forma y los obstáculos de la Tierra. No cambia la velocidad.

5.2.- Es un movimiento que va a favor de la gravedad, pero al ser de papel y rozar con el aire, y no tener nada en su contenido, se va a frenar. La velocidad aumenta.

5.3.- El movimiento es vertical si no hay obstáculos de por medio como el viento. La velocidad sí cambia porque va a favor de la gravedad.

A continuación, y después de haber puesto en común las opiniones de cada uno de los alumnos/as, se lleva a cabo la experiencia de la actividad 18, en la que se deja caer un molde de magdalena, desde diferentes alturas (la primera planta y la segunda planta del edificio). Los alumnos/as recogen datos de tiempo de vuelo para cada altura, y redactan las conclusiones a las que llegan.

Observaciones de esta sesión:

Cuando llevan a cabo el experimentos, algunos alumnos/as se sorprenden de que los moldes describan una trayectoria rectilínea, ya que de manera previa al mismo habían previsto que se moviera de un lado a otro (similar a una hoja de papel que se deja caer). También muestran algo de sorpresa al observar que descienden con velocidad constante. Además, experimentan de manera espontánea modificando la forma de los moldes (aquí se adelantan un poco a lo previsto en la secuencia), y dejándolos con la parte abierta del molde hacia abajo para ver qué sucede con el movimiento de los mismos.

Octava sesión: Actividades 19, 20 y 21 (Bloque III).

Tercero de ESO A (Miércoles 15-05-2019)

Tercero de ESO B (Jueves 16-05-2019)

Fuerza de rozamiento en los moldes de magdalenas

En esta sesión se propone a los alumnos/as una serie de cuestiones relacionadas con la caída de un molde de magdalena con el objetivo de que

expliquen lo que ocurre mediante el modelo científico. Se proyecta en la pantalla la actividad 19 y se les pide que respondan a las preguntas de manera individual. Para ello, les he proporcionado a cada alumno una ficha similar a la de los días anteriores para que registren las respuestas a las actividades propuestas.

Grupo A

A19.a. Dibuja un molde de magdalena en su caída, y las fuerzas (mediante vectores) que están actuando sobre él.

A19.b. La fuerza de rozamiento, ¿está actuando “a favor” o “en contra” del movimiento del molde? ¿Cómo son los módulos de las fuerzas intervinientes? ¿Qué conclusión se puede sacar de la constancia de la velocidad de la experiencia anterior?

1.- Al principio es mayor la fuerza peso que la fuerza de rozamiento, pero a partir de un metro, se igualan y se mueve a velocidad constante.

2.- La fuerza de rozamiento va en contra. Al principio es mayor el de la fuerza peso, pero a partir de una cierta distancia se iguala. La fuerza neta llega a ser cero newtons.

3.- La fuerza de rozamiento actúa en contra porque cuando va cayendo hace presión, y cae más rápido. Al principio es mayor el módulo de la fuerza peso, a partir de una cierta distancia se iguala. La fuerza neta llega a ser cero.

4.- La fuerza de rozamiento actúa en contra. Al principio es mayor el módulo de la fuerza peso, pero en un punto determinado se iguala. Cuanto más sea la fuerza peso, más lento irá. La fuerza de rozamiento actúa en contra porque las moléculas del aire frenan al molde.

5.- En contra. A partir de un metro o metro y medio, se igualan y al principio es mayor el módulo de la fuerza peso. La suma de las dos fuerzas es cero.

A20. La caída del molde depende de varios factores como son la forma del molde, su masa o la velocidad que lleva. ¿Se os ocurre alguna forma de comprobarlo?

1.- Forma: Si tiramos un molde un poco más abierto que otro, cae antes el que está más cerrado; masa: cae antes un molde con otro dentro que un solo molde;

velocidad: va aumentando la velocidad hasta que se iguala con el peso y se vuelve constante.

2.- Para comprobar lo de la forma del molde, primero tiramos los dos moldes sin cambiar su forma y vemos que han caído al mismo tiempo. Luego abrimos un molde y vemos que el que cambia cae más despacio. Y para cambiar el de la masa, hemos juntado más de dos moldes y lo hemos tirado al mismo tiempo que un solo molde.

3.- Depende de la masa: si ponemos un solo molde cae normal, pero si ponemos dos moldes uno en otro, va a caer más rápido porque pesará más (la velocidad aumentará con el peso); depende de la forma: si sacamos el molde y lo deformamos un poco, caerá más lento que el de la otra forma normal. Pero deformarlo de la forma de aplanado, si aplastamos y hacemos una bola o cualquier forma irregular, tarda más porque “juntamos la masa” y pesará más.

4.-Lo podemos comprobar tirando un solo molde y a la vez tirar tres moldes juntos. También abriendo un molde y tirarlo a la vez que un molde de forma normal.

5.- Con la forma: tiramos dos moldes, uno más abierto que el otro, así te darás cuenta que el molde más abierto cae después que el otro. Aquí deberías darte cuenta que ocurre así porque el abierto tiene más concentración de moléculas que el cerrado. Con su masa: tiramos dos moldes, uno con dos moldes juntos y otro solo. Caerá antes el de los dos moldes.

Grupo B

A19.a. Dibuja un molde de magdalena en su caída, y las fuerzas (mediante vectores) que están actuando sobre él.

A19.b. La fuerza de rozamiento, ¿está actuando “a favor” o “en contra” del movimiento del molde? ¿Cómo son los módulos de las fuerzas intervinientes? ¿Qué conclusión se puede sacar de la constancia de la velocidad de la experiencia anterior?

1.- La fuerza peso siempre es igual ya que siempre es 9,81 g/s, pero la fuerza de rozamiento sí que varía y cada vez aumenta hasta igualarse con la fuerza peso.

4.- La fuerza peso es mayor que la de rozamiento. La fuerza de rozamiento está actuando en contra. El rozamiento y la fuerza peso se acaban igualando.

5.- Aumenta mientras que va cayendo.

A20. La caída del molde depende de varios factores como son la forma del molde, su masa o la velocidad que lleva. ¿Se os ocurre alguna forma de comprobarlo?

1.- Misma masa y distinta forma: el que tiene la forma normal cae antes porque choca con menos partículas que el que hemos aplastado; misma forma y distinta masa: el que más pesa cae antes porque no le da tiempo a que las fuerzas se igualen.

5.- Hemos llegado a la conclusión que la velocidad de caída no depende del peso sino de la forma.

Anexo II. Discusión grupal final

Se les ha preguntado al alumnado: *¿Qué has aprendido? ¿Cómo lo has aprendido? ¿Cómo te has sentido?*

Opiniones del alumnado sobre la propuesta vivida.

Para el grupo A

En cuanto a la pregunta *¿qué hemos aprendido?*, apuntan como contenidos fundamentales aprendidos, la fuerza peso, la velocidad y el rozamiento. También destacan la existencia de diversos factores que pueden influir en la velocidad de caída de un objeto, poniendo el ejemplo del molde de magdalena. Por otro lado, asocian fuerza de rozamiento a la idea de que el cuerpo “frena” cuando cae. También atribuyen sentido hacia arriba a la fuerza de rozamiento, y explican la velocidad constante de un cuerpo por la igualdad de las fuerzas peso y de rozamiento. Para la pregunta *¿cómo lo hemos aprendido?*, apuntan los siguientes procedimientos: investigando, probando, poniendo sus opiniones en común, haciendo experimentos, creando ideas. Por último, para la pregunta *¿cómo os habéis sentido?*, los sentimientos puestos en juego han sido muy variados. Por ejemplo indican que se han sentido “como Einstein”, “inteligente cuando

respondía bien las preguntas”, “mal cuando lo decía todo mal”, “creativo” en el diseño de los experimentos, “feliz”.

Para el grupo B

En cuanto a la pregunta ¿qué hemos aprendido?, apuntan como contenidos fundamentales aprendidos, la aceleración en la caída de los cuerpos, y la independencia del tiempo de caída con la masa del cuerpo. También se observa que aflora la concepción alternativa de que la rapidez del objeto que cae depende de la masa del cuerpo; e indican las siguientes ideas: a mayor tamaño del cuerpo, más tiempo transcurre en igualarse la fuerza de rozamiento y la fuerza peso; a una mayor altura es más probable que se igualen la fuerza peso y la de rozamiento; no hay fuerza de rozamiento en ausencia de aire; y se establece una velocidad límite a partir de una distancia en la que se iguala la fuerza de rozamiento y la fuerza peso. Para la pregunta ¿cómo lo hemos aprendido?, apuntan los siguientes procedimientos: haciendo experimentos, practicando experimentos, planteando hipótesis de manera previa a los experimentos, pensando (refiriéndose al diseño de los experimentos), midiendo el tiempo y sacando conclusiones. También indican que aprenden más de esta manera, que de la forma tradicional con el libro de texto. Por último, para la pregunta ¿cómo os habéis sentido?, los sentimientos puestos en juego han sido muy variados: “parecía que tenía una cabeza de física”, “con más seguridad”, “entendiendo las cosas más fácil que con el libro de texto”, “los conceptos de física son lógica pura”, “aburrimiento con las hipótesis”, “bien sacando hipótesis”, “entretenidos con el experimento”. También realizan una crítica a la metodología tradicional con el libro de texto.

Transcripción del grupo A.

¿Qué habéis aprendido?

(P: Profesor)

P: Vale, ya está grabando, la primera pregunta que quiero, o sobre la que quiero, que debatáis es: ¿Qué habéis aprendido en esta secuencia? Bien, ¿quién quiere romper el hielo?

MC: Hemos aprendido la fuerza peso.

I: A ver, hemos estado aprendiendo que cae antes una gota de agua más grande o una gota de agua más chica, ehh también la fuerza de la gravedad, ehh los tipos de fuerza.

P: ¿Alguien más? ¿Quién quiere apuntar alguna cosilla más?

T: La fuerza peso.

JA: La velocidad

P: La velocidad, ¿cuando variaba?

D: Cuando pasaba un metro.

P: Pero, ¿a qué te estás refiriendo?, ¿a la bola o al molde?

D: Yo al molde, iba cayendo constantemente y al llegar al metro iba, no, no, me he liado, al revés, iba cayendo a más velocidad y cuando llevaba pasado un metro, ya iba a la misma velocidad.

P: ¿Pensáis todos igual? G... tu opinión, venga.

G: Hemos visto que no todas las cosas caen igual, porque también depende de muchos factores para que caiga, por ejemplo lo de los moldes de magdalena, que si se abría caía más lento que si lo tirabas normal, por la gravedad.

P: Vale, ¿y con las bolas?, ¿qué pasaba con las bolas?

D: Al tirar las bolas hacia arriba, llegaba a un punto en el que se paraba y volvía a caer.

P: ¿Por qué?

D: Por la gravedad. Y por la fuerza peso.

MC: Y por la fuerza de rozamiento.

I: Y por la dirección.

P: La fuerza de rozamiento, ¿qué es lo que hacía?

MM: Que frenaba.

MC: Frenar.

P: ¿Solo fuerza de rozamiento?

B: Fuerza peso, fuerza de rozamiento y la fuerza de gravedad.

A: La fuerza peso va para abajo, y la de rozamiento para arriba.

P: ¿Cuando tirábamos las bolas había fuerza de rozamiento?

Varios: sí

P: ¿Y entonces, por qué ahí no iba a velocidad constante?

B: Porque no le daba tiempo a igualar...

P: ¿A igualar?

B: La fuerza peso con la fuerza de rozamiento.

P: ¿Alguna cosilla más?

¿Cómo lo hemos aprendido?

P: Segunda pregunta, ¿Cómo lo hemos aprendido?

(Varios a la vez)

S: (No se le escucha).

P: Fuerte, fuerte, que después no se te escucha.

S: Investigando, probando.

P: Vale, ¿qué más?

I: Poniendo nuestras opiniones en común.

P: Poniendo vuestras opiniones en común (enfaticando), muy bien, ¿qué más?

T: Debatiéndolo.

MM: Haciendo experimentos.

I: Haciendo experimentos cada uno, ehh, se hace el experimento más conveniente sobre la pregunta que nos hacía, y nosotros hacíamos el experimento que nos parecía bien que podíamos aplicar.

P: ¿Para tratar de comprobar o de corroborar qué?

U: Una...

P: Fuerte, fuerte.

B: Nuestra hipótesis.

P: alguna cosa más? ¿Fijaos en todo lo que habéis dicho, eh? Planteamiento de hipótesis, experimentación, vale, ¿qué habías dicho tú S...?

S: Investigación (lo dice muy flojito)

P: Investigación. Vale, ¿qué más? ¿Cómo lo habéis aprendido? ¿Os acordáis de alguna cosita más?

A: Apuntando, creando nuestras ideas.

P: Eso es muy importante, creando nuestras ideas, es decir, no solo vamos a hacer el experimento, sino que vamos a crear, ¿verdad A...?

P: Y la última, ¿vale?, hablamos un poquito sobre esta y entonces ya hacemos el test. La última pregunta (se pasa la diapositiva en la pantalla). Esto normalmente no lo planteamos. Habéis dicho el qué, vale. El cómo. Pero, ¿y esta?, ¿a ver si se tiene en cuenta normalmente?

(Se pasa la diapositiva en la pantalla, y aparece la pregunta).

¿Cómo os habéis sentido?

A: (Leyendo) ¿Cómo os habéis sentido? Como Einstein
(risas de todos)

P: ¿Por qué?

I: Por saber lo que preguntabas.

A: Mira maestro, cuando decía las preguntas bien, decía yo “ostia, qué lista soy”.

P: Si ¿no? (risas de alumnos) ¿Te venías arriba? (risas de alumnos).

P: ¿Qué más?

D: Yo como un gilip... porque todo lo que decía lo decía mal, así que...

B: Curiosa

G: Con intriga hasta que no nos dices la respuesta.

P: Con intriga, como Einstein, mal (recapitulando las respuestas). ¿Pero siempre?
A ver, habéis dicho un montón de situaciones. Habéis dicho formulación de hipótesis, cuando hacíais el experimento, cuando contemplabais vuestras hipótesis
¿Siempre os sentíais igual?

Varios: No

S: Creativo.

P: Creativo ¿Por qué? ¿Cuando? Fuerte S...

B: haciendo los experimentos

S: Cuando decíamos nuestras ideas.

B: Feliz cuando tenía razón.

G: Estúpido, porque decía algo y después no era.

P: ¿Alguna cosa más?

I: Con ganas de aprender más.

Transcripción del grupo B.

¿Qué habéis aprendido?

(P: Profesor)

P: Primera pregunta: ¿Qué hemos aprendido? ¿Quién quiere romper el hielo? Venga B... muy bien.

B: Ehh, hemos aprendido a que las gotas de agua van en la misma dirección y siempre caen a la misma velocidad ya sean con más o menos masa.

P: ¿Alguien tiene algo que decir? ¿Caen a la misma velocidad?

L: la velocidad aumenta.

M: La velocidad va aumentando.

P: M... dice que la velocidad va aumentando.

L: Se produce una aceleración.

L: Se produce una aceleración. Hicisteis una experiencia, ¿en qué consistía?

B: En tirar dos bolas de distinto tamaño

P: ¿Y qué es lo que ocurría?

B: Que caían prácticamente a la vez.

P: A la vez, lo has confundido con el tiempo de caída. Venga, alguna cosilla más.

V: La masa no influye en la caída.

P: Que la masa no influye en el tiempo de caída. ¿Siempre?

Varios: No

P: ¿Por qué decís que no?

L: Porque cuanto más masa tiene, más rápido va.

P: ¿Siempre? ¿Si acabáis de decir que no depende de la masa?

M: No, porque dependiendo del aire y del resto de las partículas.

L: De la fuerza de rozamiento, porque si es más grande tarda más en igualar a la fuerza de la gravedad.

P: Y eso, ¿en qué experiencia lo visteis?

M,L: Tirando los moldes de magdalenas.

P: Entonces cuando tirábamos los moldes de magdalenas veíamos que sí influía...

L: La fuerza de rozamiento.

P: Venga, alguna cosilla más: ¿Y cuando tirábamos las bolas?

L: Pues las bolas no influían en...

M: Porque las fuerzas no se igualaban.

L: Porque pesaba más y tardaba más las fuerzas en igualarse. A lo mejor si hubiera sido una altura muy grande, se habría igualado.

P: Muy bien. A. quieres anotar alguna cosilla, a tí se te escucha bien.

A: Yo no.

P: Venga, algo más.

N: Por ejemplo, si te metes en una cámara y le extraes todo el aire, da igual el objeto que tires, que al no haber aire la fuerza de rozamiento no actúa, entonces los dos objetos caen a la vez, ya sea uno más pesado que el otro.

L: Que solo actúa la fuerza de la gravedad, y como es la misma: 9,81.

P: ¿Y qué es eso de la gravedad?

M: La fuerza que ejercía la Tierra sobre los objetos.

P: En la primera parte de la secuencia veíamos que era prácticamente inexistente la fuerza de rozamiento, solo la fuerza gravitatoria que hacía que ese cuerpo cayera con velocidad...

N: Constante.

N: No, cada vez aumentaba más la velocidad, pero había un punto que llevaba velocidad límite.

P: Ahora sí. Alguna cosilla más o pasamos a la siguiente pregunta.

Varios: Pasamos.

P: Se os nota la presión.

N: Yo es que no se hablar en público.

JG: Normal.

P: No, pero es igual que siempre

¿Cómo lo hemos aprendido?

P: Vale, y ahora una segunda pregunta: ¿Cómo lo hemos aprendido?

M: Haciendo experimentos.

P: Haciendo experimentos. ¿Qué más?

V: Practicando los experimentos.

P: Practicando los experimentos.

N: Planteando hipótesis.

P: ¿Previo a los experimentos? ¿A posteriori? ¿Cómo?

M: Primero la hipótesis.

N: Primero le sacábamos la hipótesis, y después hacíamos los experimentos y ya comprobábamos si la hipótesis era cierta o no.

P: Incluso entre la hipótesis y los experimentos había una cosa muy importante.

M: Primero pensábamos.

P: Es decir, teníais una hipótesis y teníais un tiempo para pensar, para diseñar. De hecho diseñasteis muchos experimentos distintos. ¿Qué más? ¿Cómo lo hemos aprendido?

A: Midiendo el tiempo.

P: Midiendo el tiempo. ¿En qué parte lo incluiríamos?

N: En la experimentación.

P: Ya hemos llevado a cabo el experimento, ¿y ahora?

V: Sacamos las conclusiones.

L: Y con los experimentos no hace falta aprendérselo porque vemos como lo estamos haciendo y aprendemos más que por escrito.

P: Pero no solo por hacer los experimentos sin más, sino que de forma previa has tenido que estar pensando qué experimento es más adecuado, qué hipótesis es la correcta, porque ¿siempre coincidía vuestra hipótesis con lo que después veíais en el experimento.

Varios: No

L: Algunas veces sí, y otras no.

¿Cómo os habéis sentido?

P: Mirad, esto es muy importante. ¿Cómo os habéis sentido?

L: Yo me he sentido que parecía que tenía una cabeza de física (se ríe).

P: A ver, explica eso.

L: Que yo creía que sabía menos cosas de lo que hemos estado viendo.

P: ¿Te has visto con más seguridad?

Varios: Sí.

N: Por ejemplo, yo, me dabas un libro de texto, y yo me cuesta más entender las cosas. En cambio, haciendo las cosas como que he sentido pues si esto ya lo sabía yo de por sí, como que es lógica pura. Además, hemos aprendido muchas más cosas de las que hubiéramos aprendido en el libro de texto.

P: B...¿Cómo te has sentido?

B: A ver, con la hipótesis, pues un aburrimiento la verdad.

P: ¿Por qué?

B: Porque no sabes si va a estar bien o va estar mal, y no sabes si hacer una cosa o hacer otra.

M: Porque se hace más pesado.

N: Pues yo con la hipótesis me lo he pasado bien, como yo soy la que saco ideas.

P: Aquí tenemos opiniones diferentes.

M: Yo dependiendo de lo que fuera.

A: A mí cuando los tirábamos.

B: Te entretienes.

L: Pero es que yo lo que me estudio en el libro de texto de aquí al año que viene ya no me acuerdo de nada, pero así no.

M: El año pasado nos tirábamos toda la hora copiando.

P: Venga Jo..., que estás muy callado.

P: ¿Nada? Ja, venga, ¿cómo te has sentido tú? ¿En la parte que tu quieras?

Ja: En los experimentos, me ha entretenido.

P: ¿Y, por ejemplo, en las conclusiones?

Ja: Si las aciertas, pues mejor.

P: Tampoco se trataba de acercar o no. Lo habéis hecho muy bien.

Anexo III. Cuestionario de autoevaluación para el alumnado

Valora en una escala de 1 a 5 lo que has aprendido sobre cada uno de los siguientes aspectos.

1 No sé nada; 2 Sé un poco; 3 Lo sé bien; 4 Lo sé muy bien;
5 Puedo explicárselo a un amigo/a

Antes del tema	Conocimiento sobre:	Después del tema	Emociones sentidas en cada aspecto Indica cómo te sentías mientras estabas realizando cada proceso.
	Emisión de hipótesis iniciales: <i>¿Qué gota llega antes al suelo, una gorda o una chica?</i>		<input type="checkbox"/> Rechazo <input type="checkbox"/> Concentración <input type="checkbox"/> Inseguridad <input type="checkbox"/> Interés <input type="checkbox"/> Aburrimiento <input type="checkbox"/> Confianza <input type="checkbox"/> Insatisfacción <input type="checkbox"/> Satisfacción <input type="checkbox"/> Vergüenza Porque...
	Justificación de tus hipótesis		<input type="checkbox"/> Rechazo <input type="checkbox"/> Concentración <input type="checkbox"/> Inseguridad <input type="checkbox"/> Interés <input type="checkbox"/> Aburrimiento <input type="checkbox"/> Confianza <input type="checkbox"/> Insatisfacción <input type="checkbox"/> Satisfacción <input type="checkbox"/> Vergüenza Porque...
	Diseño de experimentos para tratar de contrastar tus hipótesis		<input type="checkbox"/> Rechazo <input type="checkbox"/> Concentración <input type="checkbox"/> Inseguridad <input type="checkbox"/> Interés <input type="checkbox"/> Aburrimiento <input type="checkbox"/> Confianza <input type="checkbox"/> Insatisfacción <input type="checkbox"/> Satisfacción <input type="checkbox"/> Vergüenza Porque...
	Toma de datos de medidas de las alturas y los tiempos de caída.		<input type="checkbox"/> Rechazo <input type="checkbox"/> Concentración <input type="checkbox"/> Inseguridad <input type="checkbox"/> Interés <input type="checkbox"/> Aburrimiento <input type="checkbox"/> Confianza <input type="checkbox"/> Insatisfacción <input type="checkbox"/> Satisfacción <input type="checkbox"/> Vergüenza Porque...
	Uso de la fuerza peso para explicar el aumento de velocidad de la bola.		<input type="checkbox"/> Rechazo <input type="checkbox"/> Concentración <input type="checkbox"/> Inseguridad <input type="checkbox"/> Interés <input type="checkbox"/> Aburrimiento <input type="checkbox"/> Confianza <input type="checkbox"/> Insatisfacción <input type="checkbox"/> Satisfacción <input type="checkbox"/> Vergüenza Porque...
	Análisis de datos (coincidencias y discrepancias con tu hipótesis).		<input type="checkbox"/> Rechazo <input type="checkbox"/> Concentración <input type="checkbox"/> Inseguridad <input type="checkbox"/> Interés <input type="checkbox"/> Aburrimiento <input type="checkbox"/> Confianza <input type="checkbox"/> Insatisfacción <input type="checkbox"/> Satisfacción <input type="checkbox"/> Vergüenza Porque...
	Representación de fuerzas mediante vectores		<input type="checkbox"/> Rechazo <input type="checkbox"/> Concentración <input type="checkbox"/> Inseguridad <input type="checkbox"/> Interés <input type="checkbox"/> Aburrimiento <input type="checkbox"/> Confianza

	(flechitas).		<input type="checkbox"/> Insatisfacción <input type="checkbox"/> Satisfacción <input type="checkbox"/> Vergüenza Porque...
	Uso de la fuerza de rozamiento para explicar que el molde cae a velocidad constante.		<input type="checkbox"/> Rechazo <input type="checkbox"/> Concentración <input type="checkbox"/> Inseguridad <input type="checkbox"/> Interés <input type="checkbox"/> Aburrimiento <input type="checkbox"/> Confianza <input type="checkbox"/> Insatisfacción <input type="checkbox"/> Satisfacción <input type="checkbox"/> Vergüenza Porque...
	Hacer predicciones para otros fenómenos similares: ¿Qué ocurre al lanzar la bola hacia arriba?		<input type="checkbox"/> Rechazo <input type="checkbox"/> Concentración <input type="checkbox"/> Inseguridad <input type="checkbox"/> Interés <input type="checkbox"/> Aburrimiento <input type="checkbox"/> Confianza <input type="checkbox"/> Insatisfacción <input type="checkbox"/> Satisfacción <input type="checkbox"/> Vergüenza Porque...

Anexo IV. Datos del cuestionario de autorreflexión

Tabulación de resultados del grupo A.

Tabla 4

Datos del cuestionario de autorreflexión del alumnado (Grupo A)

La escala utilizada en el cuestionario para la autovaloración de lo que han aprendido, es la siguiente:

- 1 No sé nada. 2 Sé un poco.
3 Lo sé bien. 4 Lo sé muy bien.
5 Puedo explicárselo a un amigo/a.

En cuanto a las emociones puestas en juego, se ha utilizado los siguientes códigos para facilitar la tabulación de las mismas:

Rechazo (**RE**); Concentración (**CO**);
Inseguridad (**IG**); Satisfacción (**SF**);
Aburrimiento (**AB**); Confianza (**CF**);
Insatisfacción (**IF**); Interés (**IT**);
Vergüenza (**VE**).

	ANTES	DESPUÉS	EMOCIONES
	Emisión de hipótesis	Emisión de hipótesis	
	3	5	CO; SF; IT
	1	3	CF; CO; IT
	2	5	IG; IT
	1	3	CO; IG;
	1	3	IG; IT
	1	3	IT
	2	5	IT
	2	2	AB
	1	3	IG
	2	4	IG
	1	4	CO; IT; AB
	1	1	CO; IG; IT
	1	1	IG
	2	4	CO
	1,50	3,29	

ANTES	DESPUÉS		ANTES	DESPUÉS	
Justificación de hipótesis	Justificación de hipótesis	EMOCIONES	Diseño de experimento	Diseño de experimento	EMOCIONES
3	5	CF; IT	2	4	CO; IT
2	4	CF; CO; IT; SF	1	4	RE; IG; IT
2	4	IG	3	5	IG; IT
2	4	CO; CF; SF;	2	5	CF; SF; IT
1	4	SF	2	4	SF
2	3	CF	2	3	CO
2	4	CO; SF; IT	2	5	CO; SF; IT
2	2	AB	3	2	RE
2	2	CO	3	3	CO
5	5	IG	3	3	VE
1	4	CO	1	5	CO; IT
2	2	SF; IT	3	3	CO; SF
2	2	CO	3	3	CO; SF
2	3	IT	1	4	CF
2,14	3,43		2,21	3,79	

ANTES	DESPUÉS		ANTES	DESPUÉS	
Toma datos	Toma datos	EMOCIONES	Análisis datos	Análisis datos	EMOCIONES
4	5	CF; SF;	2	5	CO; IT
2	4	CO; IT	2	5	CF; CO; SF; IT
4	5	AB	2	4	IT
4	5	IT; AB	2	4	CO; SF
1	3	CO; IT	1	4	IT
1	2	CO	3	3	CO
2	4	CO	2	5	CO; SF; IT
2	3	AB	2	3	RE
2	2	CO	3	3	IT
5	5	CO	2	2	AB
2	4	AB; IT	1	3	CO
4	4	IF	5	5	RE; CO
4	4	IF	1	1	AB
1	3	CO; IT	1	4	AB
2,71	3,79		2,07	3,64	

ANTES	DESPUÉS		ANTES	DESPUÉS	
Fuerza peso para explicar	Fuerza peso para explicar	EMOCIONES	Vectores	Vectores	EMOCIONES
2	4	CF; CO;	2	4	CF; SF; IT
1	3	CO	2	5	CO; CF
2	4	CO	2	3	AB
2	4	IT; AB	2	3	AB
1	3	SF	3	5	CO; IT
1	2	AB	3	4	AB
1	3	CO	2	5	CO
2	3	AB	3	3	AB
2	2	IT	2	3	CF
2	4	IT	1	2	CO; AB
1	4	IT	2	5	CO; IT
5	5	CO	4	4	CO; IG
5	5	CO	2	2	AB
1	3	IT	1	3	IT
2,00	3,50		2,21	3,64	

ANTES	DESPUÉS		ANTES	DESPUÉS	
Fuerza de rozamiento	Fuerza de rozamiento	EMOCIONES	Predicción de fenómenos	Predicción de fenómenos	EMOCIONES
3	5	SF; IT	2	4	CF; CO; SF; IT
1	5	CF; CO; SF; IT	2	4	RE; IG
2	5	IT	1	4	AB
2	4	IT	2	5	CO; SF
2	5	CO; IT	3	5	CO; IT
1	2	CO	1	3	CF
2	5	CO; SF; IT	2	4	CO; SF; IT
2	2	AB	1	2	AB
3	4	-	3	4	CO
3	5	SF	4	5	IT
1	5	CO; IT	1	4	CO; IT
3	3	CO; CF	2	2	AB
3	3	AB	4	4	AB
2	5	CO	1	4	CF
2,14	4,14		2,07	3,86	

Tabulación de resultados del grupo B.

Tabla 5.
Datos del cuestionario de autorreflexión del alumnado (Grupo B)

	ANTES	DESPUÉS	EMOCIONES
	Emisión de hipótesis	Emisión de hipótesis	
	4	5	CO; IT
	1	5	AB
La escala utilizada en el cuestionario para la autovaloración de lo que han aprendido, es la siguiente:	3	5	CF; CO; SF; IT
1 No sé nada. 2 Sé un poco.	2	5	CO; SF; IT
3 Lo sé bien. 4 Lo sé muy bien.	2	5	CO
5 Puedo explicárselo a un amigo/a.	2	5	IG
En cuanto a las emociones puestas en juego, se ha utilizado los siguientes códigos para facilitar la tabulación de las mismas:	3	5	CF
Rechazo (RE); Concentración (CO); Inseguridad (IG); Satisfacción (SF); Aburrimiento (AB); Confianza (CF); Insatisfacción (IF); Interés (IT); Vergüenza (VE)	1	3	IG
	2	3	CO; IT
	1	5	CO
	2	5	IT
	2	5	CO; IT; AB
	4	5	CF; CO; IT
	2	5	CO
	2,21	4,71	

ANTES	DESPUÉS	EMOCIONES	ANTES	DESPUÉS	EMOCIONES
Justificación de hipótesis	Justificación de hipótesis		Diseño de experimento	Diseño de experimento	
5	5	CF; CO; IT	3	4	CO; IT
1	3	CO	2	3	CF; IT
2	4	CO; CF	5	5	CO; CF; SF; IT
3	4	CO; IG; IT	2	4	CO; CF; SF; IT
2	4	CF	2	4	IG
3	4	CO; IT; SF	2	4	SF; IT
2	2	IT	4	3	CO
2	3	IG	2	3	IG
1	2	IG; VE	2	4	CO; IG
1	3	CO	1	3	CO
2	4	VE; AB	2	5	IT
2	4	CF; SF; IT	2	5	CF; IT
5	5	CF; CO; IT	3	4	CO; IT
1	4	CO; CF	1	3	CO

ANTES		DESPUÉS		EMOCIONES	
Toma datos	Toma datos		Análisis datos	Análisis datos	EMOCIONES
5	3	CO; IT	3	5	CO; IT
1	3	CO; IT; CF	1	3	CO; IT; VE
3	4	CO; CF; IT	3	4	CO; CF; IT
3	5	IT	2	4	SF; IG; IT
2	5	SF	1	3	RE
1	4	IG; AB	2	4	SF; IF
4	5	SF	2	3	IG
2	3	IG	2	2	IG; IF
2	3	CO; IT; SF	1	2	CO; IF; AB
1	4	IT	1	2	CO
1	5	CO	1	3	CO
1	3	CO; IT	1	4	IT
5	3	CO; IT	3	5	CO; IT
1	4	IT	1	3	SF; IF
2,29	3,86		1,71	3,36	

ANTES		DESPUÉS		EMOCIONES	
Fuerza peso para explicar	Fuerza peso para explicar		Vectores	Vectores	EMOCIONES
4	4	CO; IT	4	3	CO; IT
1	3	AB	1	2	CF
4	5	CO; SF; IT	2	4	CF; CO; IT
3	5	CF; CO; SF; IT	2	5	IG; IT
2	3	IT	3	5	CF
1	5	CO; SF	1	5	AB
5	5	IT	4	2	IF
1	3	IG	1	3	IG
1	3	CO; IT; SF	1	3	CO; SF; IT
1	2	AB	1	4	CF
1	4	CO; IT	1	4	CO; AB
1	5	CO; CF	1	3	CF; AB
4	4	CO; IT	4	3	CO; IT
2	4	CO	1	3	CO
2,21	3,93		1,93	3,50	

ANTES	DESPUÉS		ANTES	DESPUÉS	
Fuerza de rozamiento	Fuerza de rozamiento	EMOCIONES	Predicción de fenómenos	Predicción de fenómenos	EMOCIONES
5	4	CO; IT	3	5	CO; IT
1	2	IG	1	3	CO; CF; IT
2	4	CO; CF; IF; IT;	3	5	CF; CO
2	5	CO; CF; SF; IT	3	5	CF; CO; IT
2	4	IT	1	3	IT
1	5	CO; IT	2	4	CO
5	5	CO	2	2	AB
1	4	SF	2	4	SF
2	3	CO; SF; IT	1	3	CO; SF; IT
1	1	IT	1	4	CO
1	5	CF; CO; IT	1	5	IT
2	5	SF; IT	1	5	CO; IT
5	4	CO; IT	5	5	CO; IT
2	4	CF	1	3	IT
2,29	3,93		1,93	4,00	

Anexo V. Datos de los cuestionarios sobre ideas de fuerzas

Resultados del grupo A.

1. En ausencia de rozamiento, dos objetos de distinta masa, que se dejan caer al mismo tiempo desde la misma altura, llegan al mismo tiempo al suelo.

Indica cuál de estas afirmaciones es cierta:

- a) Es debido a que la Tierra atrae a todos los objetos con la misma fuerza.
- b) Es debido a que la Tierra atrae con mayor fuerza a los objetos con mayor masa.
- c) No es posible que en esas condiciones lleguen a la vez al suelo.

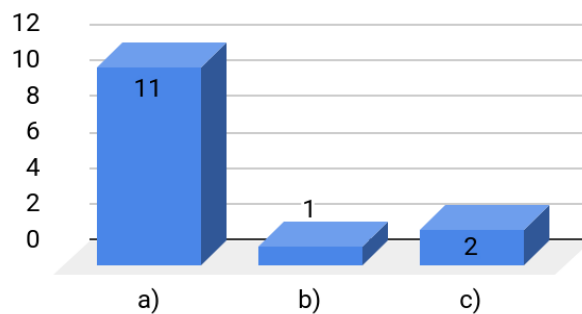


Figura 9. El 7,14 % de los alumnos/as escogen la respuesta correcta: “b”.

2. Utiliza el modelo de fuerzas para explicar los siguientes hechos:

- a) Una gota de lluvia recorre los últimos metros con velocidad constante.
- b) Su velocidad en los últimos metros es mayor cuanto mayor es su masa.

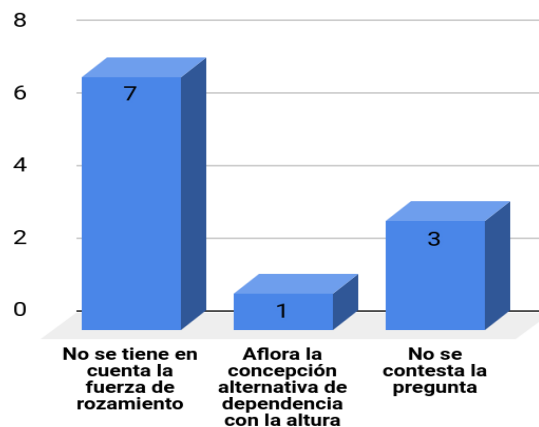


Figura 10. El 50 % de los alumnos/as no tiene en cuenta la fuerza de rozamiento, y el 21,43 % no contesta la pregunta.

3. Un paracaidista cae con velocidad constante. Entonces:

- a) La fuerza peso es superior a la fuerza de rozamiento. / b) La fuerza peso es igual a la de rozamiento. / c) La fuerza peso es menor que la de rozamiento.

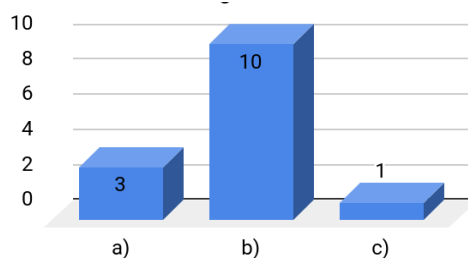


Figura 11. El 71,43 % de los alumnos/as escogen la respuesta correcta: “b”.

4. En ausencia de aire, se dejan caer al mismo tiempo una bola de 50 g y

otra de 100 g desde la misma altura. ¿Cuál llegará antes al suelo?

a) La bola de 50 g. / b) La bola de 200 g. / c) Las dos bolas al mismo tiempo.

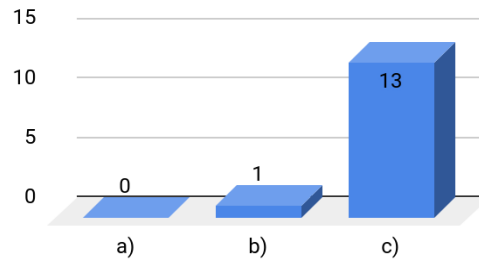


Figura 12. El 92,86 % de los alumnos/as escogen la respuesta correcta: “c”.

5. Se lanza verticalmente hacia arriba un objeto desde el suelo, alcanza una altura máxima de 3 m y después baja hasta el suelo. Dibuja la fuerza resultante sobre el objeto, y justifica tus respuestas usando el modelo de fuerzas. a) A 1 m de altura y subiendo. / b) A 2,5 m de altura y bajando.

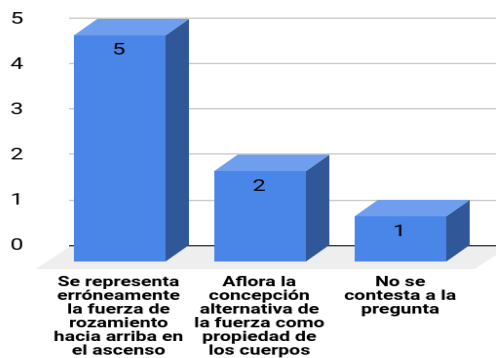


Figura 13. El 35,71 % de los alumnos/as representa erróneamente la fuerza de rozamiento.

6. La rapidez de las gotas de lluvia al llegar al suelo es mayor cuanto mayor es su tamaño. Utiliza el modelo de fuerzas para justificar la veracidad o falsedad de este enunciado.

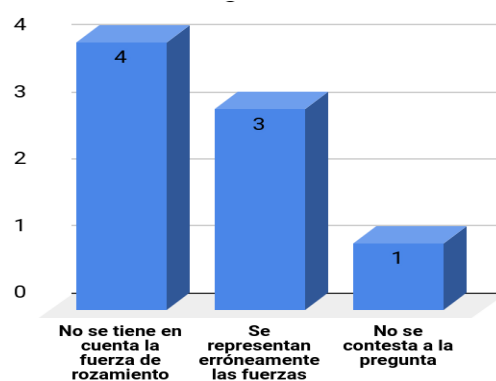


Figura 14. El 28,57 % de los alumnos/as no tienen en cuenta la fuerza de rozamiento.

7. En la siguiente imagen se muestra la situación de un taco de madera al desplazarse sobre un plano inclinado. Entonces...

- a) La fuerza resultante tendrá el sentido contrario al movimiento del taco.
- b) La fuerza resultante tendrá el mismo sentido que el movimiento del taco.
- c) No habrá fuerza resultante (será cero).

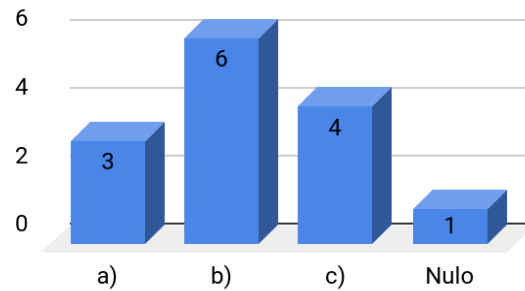


Figura 15. El 21,43 % de los alumnos/as escogen la respuesta correcta: “a”.

Resultados del grupo B.

1. En ausencia de rozamiento, se dejan caer al mismo tiempo una piedra de 5 kg de masa y una bola de papel de 100g. Se observa que los dos objetos llegan a la vez al suelo. Indica cuál de estas afirmaciones es cierta:

- a) Es debido a que la Tierra atrae a ambos objetos con la misma fuerza.
- b) Es debido a que la Tierra atrae con más fuerza al objeto con mayor masa.
- c) No es posible que en esas condiciones lleguen a la vez al suelo.

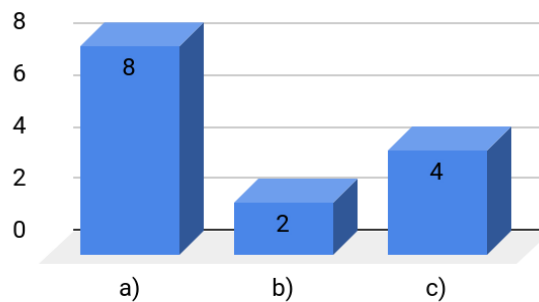


Figura 16. El 14,29 % de los alumnos/as escogen la respuesta correcta: “b”.

2. Un paracaidista cae con velocidad constante. Entonces:

- a) La fuerza peso es superior a la fuerza de rozamiento.
- b) La fuerza peso es igual a la fuerza de rozamiento.
- c) La fuerza peso es menor que la fuerza de rozamiento.

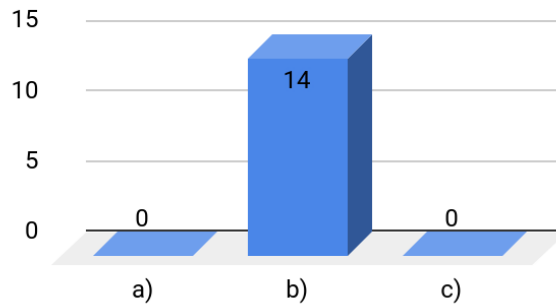


Figura 17. El 100 % de los alumnos/as escogen la respuesta correcta: “b”.

3. Se dejan caer al mismo tiempo dos moldes de magdalenas desde seis metros de altura; teniendo uno de ellos el doble de masa que el otro, dibuja las fuerzas ejercidas sobre estos cuando están bajando. ¿Cuál llegará antes? ¿Por qué?

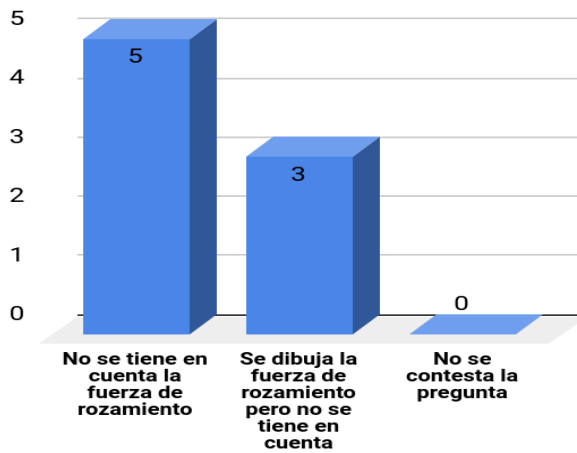


Figura 18. El 35,71 % de los alumnos/as no tienen en cuenta la fuerza de rozamiento.

4. ¿Pueden llegar al suelo con varios segundos de diferencia dos moldes de magdalenas de la misma masa? En caso afirmativo, indica alguna posible causa de ello y utiliza algún dibujo para apoyar tu explicación.



Figura 19. El 35,71 % del alumnado no tiene en cuenta la fuerza de rozamiento.

5. Utiliza lo que has aprendido sobre las fuerzas para explicar:

5.1) Una gota de lluvia recorre los últimos metros con velocidad constante.

5.2) Su velocidad en los últimos metros es mayor cuanto mayor sea su masa.

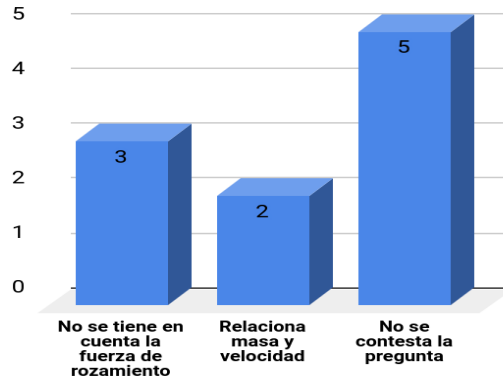


Figura 20. El 35,71 % del alumnado no contesta la pregunta.

6. Se lanza verticalmente hacia arriba un objeto desde el suelo, alcanza una altura máxima de 3 m y después baja hasta el suelo. Dibuja la fuerza resultante sobre el objeto, justificando tus respuestas, cuando se encuentra:

6.1) A 1 m de altura y subiendo.

6.2) A 2,5 m de altura y bajando.

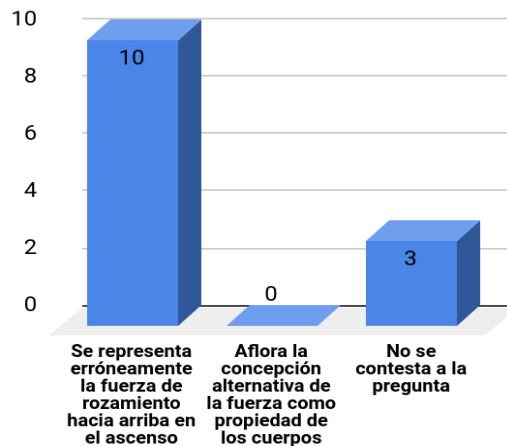


Figura 21. El 71,43 % del alumnado representa erróneamente la fuerza de rozamiento.