

Universidad de La Laguna
Máster en Formación del Profesorado de Educación Secundaria Obligatoria y
Bachillerato, Formación Profesional y Enseñanzas de Idiomas (Interuniversitario)

Trabajo de Fin de Máster

ESTUDIO SOBRE LA CAPACIDAD DE PREDECIR, OBSERVAR Y EXPLICAR EN EL CONTEXTO DE LA ENSEÑANZA DE LAS CIENCIAS EN EDUCACIÓN SECUNDARIA

Especialidad de Física y Química

Modalidad de investigación

Convocatoria: JULIO

Presentado por:

Luis Miguel Rivera Gavidia

Tutor

Dr. Juan José Marrero Galván

Curso 2019/2020

Índice

Abreviaturas.....	4
Resumen / Abstract.....	5
1. INTRODUCCIÓN	8
1.1. La formación inicial del profesorado de secundaria. Generalidades	8
1.2. Importancia del Trabajo de Fin de Máster en la formación inicial del profesorado	11
1.3. Importancia del TFM modalidad de investigación	12
1.4. Investigación en didáctica de las ciencias experimentales	13
2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN	17
3. ANTECEDENTES.....	23
3.1. Competencia científica. Generalidades.....	23
3.2. Evaluaciones, estudios internacionales y la educación científica. Evaluación de la competencia científica.....	29
3.3. La predicción y explicación de fenómenos científicos en la competencia científica.....	34
3.4. Habilidades de pensamiento de orden superior (<i>Higher Order Thinking Skills/ HOTs</i>).....	36
3.5. Metodología: predecir, observar, explicar (POE).....	38
4. OBJETIVOS.....	43
5. MÉTODO Y PROCEDIMIENTO	45
5.1. Demostraciones / experimentos	46
5.2. Instrumentos de recogida de datos.....	55
5.3. Contexto y muestra	58
5.4. Indicaciones para el tratamiento de datos	58
6. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	60
6.1. Predicción	60
6.2. Explicar.....	73
6.3. Antes y después de la observación	82
6.4. Valoración de los estudiantes	84
7. CONCLUSIONES	90
<i>Limitaciones</i>	92
<i>Implicaciones didácticas</i>	92
<i>Propuesta de mejora</i>	93

<i>Futuras investigaciones</i>	93
8. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	95
ANEXOS	102
ANEXOS 1.....	103
ANEXOS 2.....	106
ANEXOS 3.....	109

Abreviaturas

CAP	<i>Certificado de Aptitud pedagógica</i>
CCP	<i>Curso de Cualificación Pedagógica</i>
CK	<i>Content Knowledge</i>
DC	<i>Didáctica de la Ciencia</i>
DeSeCo	<i>Definition and Selection of Competences</i>
DOK	<i>Depth of Knowledge</i>
EEES	<i>Espacio Europeo de Educación Superior</i>
EGB	<i>Educación General Básica</i>
EK	<i>Epistemic Knowledge</i>
ESO	<i>Educación Secundaria Obligatoria</i>
Exp	<i>Experimento</i>
FIP	<i>Formación inicial del profesorado</i>
FISS	<i>First International Science Study</i>
HOTs	<i>Higher Order Thinking Skills</i>
IEA	<i>International Association for the Evaluation of Educational Achievement</i>
ISEC	<i>Índice Socioeconómico y Cultural</i>
LGE	<i>Ley General de Educación</i>
LOCE	<i>Ley Orgánica de Calidad de la Educación</i>
LOE	<i>Ley Orgánica de Educación</i>
LOGSE	<i>Ley Orgánica de Ordenación General del Sistema Educativo</i>
LOMCE	<i>Ley Orgánica para la Mejora de la Calidad Educativa</i>
LOTs	<i>Low Order Thinking Skill</i>
MUFPEs	<i>Máster Universitario de Formación de Profesorado de Educación Secundaria</i>
OCDE	<i>Organisation for Economic Co-operation and Development</i>
PIRLS	<i>Progress in International Reading Literacy Study</i>
PISA	<i>Programme for International Student Assessment</i>
PK	<i>Procedural Knowledge</i>
POE	<i>Predict-Observe-Explain / Predecir-Observar-Explicar</i>
SISS	<i>Second International Science Study</i>
TFM	<i>Trabajo de Fin de máster</i>
TIMSS	<i>Trends in International Mathematics and Science Study</i>

Resumen / Abstract

Resumen

En este trabajo de investigación educativa se estudió la capacidad de predecir y explicar un fenómeno científico en estudiantes de 4º de la ESO. La muestra consistió en 107 estudiantes de ocho centros educativos de la Isla de Tenerife. Para la recolección de datos se diseñó un formulario adaptado a medios telemáticos utilizando la estrategia de enseñanza POE. Los resultados obtenidos muestran que a los estudiantes encuestados les resulta más fácil predecir que explicar un fenómeno científico, y que esta última fase depende de la tipología de pregunta empleada en la recogida de datos. Además, ha sido posible establecer las relaciones que existen entre la capacidad de relacionar el contenido científico con las predicciones y explicaciones de estos. Finalmente, la observación del experimento influye a la hora de relacionar el contenido científico correcto.

Abstract

In this educational inquiry the ability of high school students to predict and explain scientific phenomena was studied. The sample consisted of 107 students from eight schools located in Tenerife, Spain. In order to collect data a test was designed and adapted to online media using a teaching strategy known as POE. The achieved findings revealed that the respondent pupils had more difficulty explaining scientific phenomena than predicting them, and the explanation phase depended on the type of answer used in the test. Also, it has been possible to establish relationships between the ability of relating scientific content to prediction and explanation of the scientific phenomena. Finally, the observation of the experiment influences when relating to the right scientific content.

Introducción

1. INTRODUCCIÓN

1.1. La formación inicial del profesorado de secundaria. Generalidades

La adecuada formación inicial del profesorado (FIP) representa una de las dimensiones esenciales de las que no debería prescindir ningún sistema educativo de calidad, ya que tiene relación directa con esta. Las variantes que han rodeado el desarrollo de la FIP de secundaria en España, han sido numerosas (López, 2012), y se han visto modificadas y afectadas por diferentes reformas educativas, así como de transiciones políticas (Vallejo & Aranda, 2000). Antes del Máster Universitario de Formación de Profesorado de Educación Secundaria (MUFPE) (2009/2010) y desde inicios de los años 70s, el Certificado de Aptitud pedagógica (CAP) era la cualificación requerida para poder ejercer la docencia reglada no universitaria, una formación según algunos autores, superficial, invertebrada e insuficiente para una renovación del aprendizaje acorde a las demandas sociales actuales (Sabucedo, Campos, & Abellás, 2012).

El CAP se implanta en España mediante el decreto 765/1965 regulador de las condiciones exigidas para el ingreso en el Profesorado oficial de Enseñanza Media. Posteriormente, la Ley General de Educación (LGE) de 1970, acepta al CAP como el medio adecuado para la FIP. No es sino hasta 1990 con la implantación de la LOGSE (Ley Orgánica de Ordenación General del Sistema Educativo), que se propone una nueva manera de abordar la FIP por medio de un Curso de Cualificación Pedagógica (CCP) (Real Decreto 1692/1995), que a pesar de impartirse por muy poco tiempo, no tuvo éxito debido al cambio de gobierno que ocurre en 1996. Sin embargo, tras la implantación de la LOCE (Ley Orgánica de Calidad de la Educación) en el 2002, regresan las intenciones de la renovación de la FIP mediante un plan de formación teórico-práctico (Real Decreto 118/2004) que finalmente se ve aplazado nuevamente por el cambio de gobierno en el año 2004. (Figura 1) (Estebaranz, 2012; Jiménez, 2017).

La pretensión de que una formación docente posterior a formación disciplinar que proporciona un grado o licenciatura es bastante ambiciosa, y representa (inclusive hasta en la actualidad) un reto grande para los centros universitarios en los que se imparte. Sin embargo, el profesorado novel requiere una formación pedagógica que le

permita afrontar de manera coherente, ordenada y eficiente su labor, ya lo indican Ros y García (2016):

La enorme heterogeneidad del alumnado presente en las aulas, de distintas procedencias y contextos sociales, con diferentes intereses, capacidades y expectativas, obliga al profesorado a una acción educativa cada vez más difícil que requiere una mayor preparación y capacitación. Además, ya no es suficiente con que se impartan las clases adecuadamente, al profesorado se le demanda capacidad de cooperación con el resto de los profesores y profesoras, y realizar proyectos docentes compartidos. También la relación entre alumnado y profesorado ha cambiado, en la actualidad exige más comunicación y más explicaciones; y la resolución de conflictos entre el propio alumnado también demanda nuevas habilidades y un ejercicio muy distinto de la autoridad. El profesorado hoy tiene una tarea mucho más complicada que antaño, y necesita estar en posesión de distintas metodologías, de múltiples estrategias de aula en donde cada vez es más importante el uso adecuado de las nuevas tecnologías. Todo ello lo que hace es exigir al profesorado un mayor esfuerzo y dedicación, y ante todo una mejor formación para abordar los nuevos retos y circunstancias (Ros y García, 2016, p.106).

La materialización del master de formación del profesorado de enseñanza secundaria ocurre en el año 2007 (Orden/ECI/3858/2007) tras la implantación de la Ley Orgánica 2/2006, del 3 de mayo, de Educación que establecía que la formación inicial del profesorado debía adecuarse al sistema de grados y postgrados del Espacio Europeo de Educación Superior (EEES) (Sabucedo et al., 2012; Tiana, 2013) (ver figura 1).

La implantación de un nuevo master de formación de profesorado distribuido en 60 créditos europeos con un enfoque más pedagógico, con aportaciones reales a la formación competencial del nuevo alumnado, desde una visión de innovación e investigación en la docencia, surge como una necesidad de la renovación de la enseñanza y a la formación inicial del profesorado de secundaria en España. Sin embargo, su puesta en marcha no ha sido tarea fácil, todo lo contrario, ha presentado un gran número de dificultades en la escena universitaria desde un punto de vista organizacional.

En ese contexto, el master se implantó en la mayoría de universidades españolas durante el curso 2009/2010, y en algunos casos parece ser fue de forma prematura. Tal es el caso de la comunidad de Andalucía que esperaban oposiciones (ORDEN de 25 de marzo de 2010, de la CEJA), y era necesario estar en posesión del título oficial de

máster de profesorado, lo que supuso en ese momento una forma apresurada para el comienzo de dicho master, puesto que se necesitaban urgentemente profesores capacitados y titulados; como consecuencia de esta desconexión entre la administración y la universidad, se tuvo una reducción de la competencia docente por inclinarse solamente en la parte disciplinar, además de un recubrimiento muy superficial de ideas y reflexiones pedagógicas, dispersas y hasta a veces sobrecargadas (Estebaranz, 2012). Sumado a todo esto, y no menos importante, la implantación del máster en la universidad encontró ciertas barreras como:

- Ausencia de requerimientos académicos y una metodología unificada entre las diferentes facultades para la selección del profesorado que impartirá la docencia en el master
- Falta de compromiso y competencias por parte del profesorado receptor en los centros educativos en el momento de las prácticas
- Tutores de TFM (Trabajo de Fin de Máster) con escasa trayectoria en innovación didáctica e investigación sobre la enseñanza (Estebaranz García, 2012),
- Poco tiempo para la realización del TFM (Vilches & Gil, 2010).

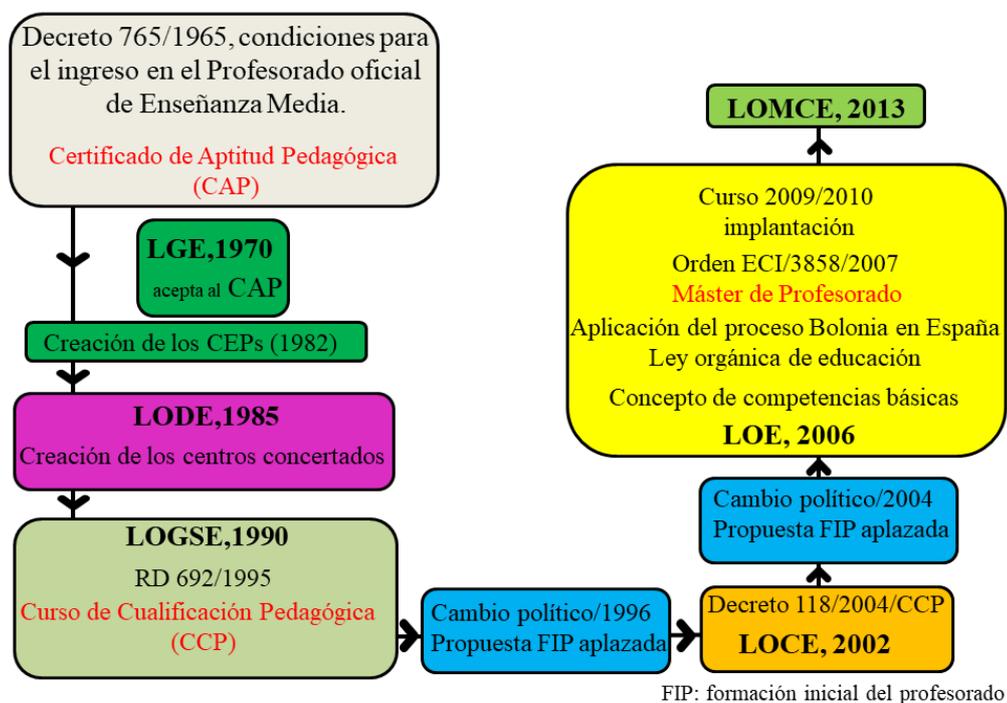


Figura 1. Evolución histórica de la formación inicial del profesorado en España, contextualizada con la legislación educativa (elaboración propia).

Por otra parte, son muchas las dimensiones desde donde puede abordarse la formación inicial del profesorado de secundaria, por ejemplo: i) las emociones (Molero, Pantoja, & Galiano, 2017) de los estudiantes en formación de profesorado, ii) las razones por las cuales los estudiantes universitarios optan por la docencia en secundaria como salida laboral, iii) la diversidad de candidatos y motivaciones de los nuevos futuros profesores, iv) el nivel organizativo al momento de su implementación dentro de cada universidad española donde se imparte dicho máster (Estebaranz, 2012) , v) el tipo de modelo de estudio: consecutivo a una carrera universitaria previa o formación simultánea (López, 2012), vi) incorporación y seguimiento del profesorado novel al ejercicio docente (prácticas) , vii) formación permanente y continuado para profesorado (Ros y García, 2016), viii) concepciones del profesorado (Sabucedo et al., 2012), etcétera.

En general, parece que la apreciación que se tiene del máster de profesorado de secundaria por parte de los profesionales de la educación es positiva, sobre todo cuando se compara con el antiguo CAP. Para algunos autores representa una oportunidad ya que permite dar las herramientas pedagógicas adecuadas y necesarias a los nuevos profesores, para enfrentarse a la cotidianidad y complejidad de la diversidad del aula. En definitiva, la FIP es importante y la base de la renovación y mejora de la calidad de la enseñanza.

1.2. Importancia del Trabajo de Fin de Máster en la formación inicial del profesorado

Tal como se indicó anteriormente, la Ley Orgánica 2/2006, de 3 de mayo, de Educación y la Orden ECI/3858/2007 establecen los lineamientos a seguir para la implantación del MUFPEs, pero adicionalmente, esta última recoge las directrices para su implantación, condiciones de acceso, las competencias que debe adquirir el alumnado y su planificación. El plan de estudio del MUFPEs se distribuye en tres módulos: genérico (asignaturas comunes para todas las especialidades), específico (asignaturas propias de cada especialidad) y el módulo práctico, comprendido por las prácticas en centros educativos (practicum) y el Trabajo de Fin de Máster.

El TFM es un documento que debe reflejar todos los aprendizajes, habilidades y competencias aprendidas durante el desarrollo de la titulación. Es un trabajo personal que debe desarrollarse de forma autónoma por parte del estudiante con posterior

defensa pública. Este documento original, dirigido por un profesor-tutor, puede estar relacionado con temáticas de áreas como la psicología educativa, pedagogía o didáctica disciplinar. Puede ser el planteamiento de un proyecto de innovación docente, así como la propuesta de una investigación educativa que represente una aportación al desarrollo del conocimiento didáctico en Educación Secundaria Obligatoria (Puentes & Verdejo, 2015).

Al representar una propuesta integradora de todos los aprendizajes y competencias, el TFM tiene una gran importancia en la formación inicial del profesorado, sobre todo al relacionarlo con la fase de prácticas por medio de propuestas educativas para el aula o el centro en general.

En su primera edición, el MUFPEs presentó ciertas críticas en cuanto al TFM se refiere, como la falta de tiempo y altas exigencias durante su realización en contraste con el número de créditos que posee (Benarroch, 2011; Vilches & Gil, 2010). Sin embargo, tras el paso de los años, todos estos inconvenientes han sido enmendados y el TFM puede realizarse en distintas convocatorias durante el curso escolar lectivo prolongándose hasta convocatorias del siguiente curso. En definitiva, el TFM es un instrumento de consolidación e integración del aprendizaje para el profesorado en formación.

1.3. Importancia del TFM modalidad de investigación

La investigación educativa ha sido trascendental para la mejora de la enseñanza, ya que estudia las técnicas, métodos y procedimientos para obtener conocimiento, explicación y comprensión científica de los fenómenos educativos (Buendía, Colás, & Henández, 1998). La FIP es amplia y compleja, y su correcto desempeño es multifactorial ya que de por sí, presenta grandes retos que deben ser superados y mejorados. La integración en un documento de todos los conocimientos adquiridos en esta etapa supone una tarea de alto nivel para el profesorado en formación, más aún cuando quiere abordarse desde una perspectiva innovadora e investigadora.

La percepción que se tiene de la actividad investigadora en el ámbito educativo por parte del profesorado de primaria y de secundaria no suele ser muy positiva (Murillo & Perines, 2017), ya que estos divisan una enorme brecha entre la investigación y la práctica. Por tal motivo, la investigación educativa debe reevaluar su estructura y campos de estudio. Debe mostrarse más aplicable y de utilidad para la práctica docente

del profesorado en el aula, para ello se requiere un trabajo conjunto entre investigadores y profesorado en la elaboración de puentes de comunicación para obtener y conocer de primera mano, cuáles serían las temáticas que a los profesores de primaria y/o secundaria les resultan interesantes.

En este sentido, la modalidad de investigación para la elaboración del TFM, representa una oportunidad para esclarecer y abordar desde una manera científica y con el apoyo de las didácticas específicas, problemáticas y situaciones educativas pendientes aún de resolver. En este punto de inflexión, la formación del futuro docente se vuelve integral, puesto que puede desarrollar las competencias que propiamente la investigación promueve, y al mismo tiempo fortalecer su comprensión en la aplicabilidad de las didácticas específicas en la profesión docente.

1.4. Investigación en didáctica de las ciencias experimentales

La ciencia de enseñar ciencia (Vallverdú & Izquierdo, 2010) o didáctica de las ciencias (DC) es la disciplina que estudia todos los procesos relacionados con la enseñanza de conocimiento científico desde una perspectiva educativa. La DC ha proporcionado una serie de conocimientos y base conceptual que ha permitido darle nombre a fenómenos y procesos educativos que ocurrían y carecían de significado. El estudio de todos estos procesos ha supuesto un campo amplio de estudio enfocado hacia la mejora de la enseñanza de la ciencia.

Durante la FIP, se adquieren una serie de aprendizajes psicopedagógicos que, sumados a los conocimientos disciplinares obtenidos previamente por una carrera universitaria previa (licenciatura, grado, ingeniería, etc.), deberían bastar para poder ejercer eficientemente la profesión docente. Sin embargo, la desconexión de estos dos tipos de conocimiento con la eficaz puesta en práctica en el aula, representa uno de los grandes inconvenientes en la FIP y en el profesorado en activo a la hora de intentar aplicar y adaptar estrategias pedagógicas/educativas en las materias específicas (Guisasola, Pintos, & Santos, 2001).

En este contexto, Carrascosa (2008) propone a la didáctica de la ciencia como una línea conectora para resolver dicho problema:

Para poder abordar este problema, es necesario que los métodos de enseñanza sean tratados en el mismo contexto que van a ser estudiados, para que los futuros profesores puedan adaptar las estrategias docentes a la enseñanza de su materia. La didáctica específica, puede tener precisamente ese papel integrador, que permita superar el problema (Carrascosa, 2008, p.122).

El cuerpo teórico de la didáctica de la ciencia no contempla solo el conocimiento disciplinar, sino también otros conocimientos (Carrascosa, Martínez, Furió, & Guisasola, 2008):

- Saber dirigir el trabajo de los alumnos y cómo conseguir que exista un clima adecuado en el aula.
- Saber cómo evaluar, no sólo a los alumnos sino también el trabajo y comportamiento del profesor en el aula, analizando los resultados con el propósito de mejorar el proceso de enseñanza y aprendizaje.
- Saber seleccionar los contenidos más adecuados y disponer de criterios para justificarlos y para secuenciarlos.
- Saber qué se puede hacer para que aumente el interés de los alumnos por las ciencias.

La crítica a la enseñanza tradicional basada en estrategias de transmisión-recepción, ha sido una de las fuerzas impulsoras de la investigación en didáctica y ha dado lugar a la creación de diversas líneas de investigación en este campo. Como se indicó anteriormente, la percepción de los docentes sobre la investigación educativa no suele ser la más aceptada, lo que supone un reto difícil de vencer, ya que los avances educativos que se logran no llegan a incorporarse a las aulas, y por consiguiente, la investigación en DC no tiene impacto significativo. Las posibles soluciones a esta problemática deben ser afrontadas desde las políticas educativas para crear un espacio donde pueda coexistir la investigación con la práctica, donde cada docente sea un investigador y todas sus actividades y estrategias en el aula con sus estudiantes tengan esa naturaleza: de indagación e investigación guiada (Carrascosa, Domenech, Martínez, Osuna, & Verdú, 2016).

La gran contribución a la mejora de la calidad de la enseñanza por parte de la investigación en DC ha sido evidente a través de los años. Su aporte al estudio en los procesos educativos a través de las disciplinas específicas es indudablemente relevante.

Tal es el caso que la investigación en DC es considerada como un cuerpo global y coherente en constante avance y cambio centrado en la reestructuración y renovación en el proceso de enseñanza y aprendizaje de las ciencias. Independiente, con sus propias líneas de investigación, congresos, revistas científicas e investigadores (Carrascosa et al., 2016).

Planteamiento del problema

2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

Desde la implementación de la LOE en el año 2006, el término de competencia surge en el currículum como un elemento novedoso que da un nuevo significado a los tipos de aprendizajes que deben poseer los estudiantes para que le sean útiles o aplicables en su paso a la vida adulta y en el ejercicio de la ciudadanía activa (Jiménez, 2017). Por consiguiente, se tiene como resultado que las asignaturas del currículum relacionadas con la ciencia deben contribuir al desarrollo de competencias en el alumnado.

Una competencia educativa está conformada por una serie de dimensiones como por ejemplo: valores, actitudes, capacidades, destrezas y conocimientos (Ametller et al., 2011), las cuales deben ser abordadas también desde el currículum y trabajadas por el profesorado en aula para que se consoliden y se conviertan en aprendizaje útil para los estudiantes.

En este contexto, el conocimiento científico que pueda adquirir el alumnado de secundaria a través de la enseñanza de la ciencia se convierte en una responsabilidad de peso para el profesorado, ya que esta debe ser coherente con el contenido disciplinar, además de contrarrestar todas concepciones erróneas y aprendizaje científico popular heterogéneo que estos adquieren de agentes externos como la televisión, el cine, noticias de prensa e internet (Bishop & Denley, 2007). y con el desarrollo de competencias, generalmente desde tres aspectos estratégicos, que son: la introducción y manejo de conceptos, resolución de problemas y prácticas de laboratorio (Gil, Carrascosa, Furió, & Martínez, 1991). El aprendizaje de conceptos de ciencia viene acompañado de inconvenientes recurrentes como la generación de ideas alternativas como consecuencia de experiencias cotidianas. En ese punto el conocimiento escolar, situado entre el conocimiento cotidiano y el conocimiento científico adquiere significado y valía, ya que a partir de este se estructurará nuevo conocimiento (Bishop & Denley, 2007). El conocimiento escolar no debe ser una simplificación del conocimiento científico, sino ser una integración de distintas formas de conocimiento aplicables en la escuela desde la cotidianeidad (Ametller et al., 2011; Arillo, Martín, & Martín, 2015).

En cuanto a la resolución de problemas, este debe ser un proceso que habilite un espacio de reflexión, abierto y que promueva la creatividad. No obstante, uno de los inconvenientes que tiene el empleo de problemas es el tratamiento superficial que en

ocasiones le proporciona el profesorado, dejando vacíos y lagunas conceptuales produciendo un efecto totalmente contrario al deseado, creando ideas erróneas que favorecen la memorización en la resolución en detrimento del razonamiento. Finalmente, la práctica de laboratorio es una de las estrategias más utilizadas para la enseñanza de la ciencia, y tiene como objetivo primordial unir o enlazar dos dominios: el dominio de las cosas reales (que pueden observarse) y el dominio de las ideas. Sin embargo, esto a veces no llega a concretarse por inconvenientes como: la falta de material e instalaciones, el mal diseño de las guías de laboratorio (simples recetas), carentes de libertad para que el alumnado se plantee hipótesis, conciba diseños experimentales, comprenda el significado y análisis de los resultados obtenidos (Millar, Tiberghien, & Le Maréchal, 2003).

Para solventar, en la medida de lo posible estas deficiencias, la didáctica de la ciencia sugiere desarrollar la práctica de laboratorio desde una perspectiva investigadora, nunca dejando de lado la construcción del conocimiento y la metodología científica. Es decir, que el alumnado se enfrente a situaciones o problemas similares a los que los científicos al momento de comprobar o descubrir dichas teorías tuvieron que enfrentarse. No se trata de repetir las mismas experiencias, si no crear actividades dentro de las prácticas donde ellos puedan cotejar la naturaleza del proceso de investigación (Gil et al., 1991; Millar et al., 2003).

Por otro lado, dentro de los retos que requiere la enseñanza de las ciencias y de cualquier conocimiento, además de la metodología empleada para su transmisión por parte del profesorado, se encuentran otros como el medio sociocultural/económico donde vive el alumnado, clima del aula y del centro, mayor o menor capacidad intelectual, actitud hacia el aprendizaje de la ciencia, etc.

Todo lo expuesto anteriormente, deja de manifiesto la gran complejidad del proceso de enseñanza-aprendizaje de la ciencia en la escuela, y que es un proceso extenso y dependiente de una gran variedad de factores que pueden llegar a regir el éxito o fracaso para un determinado estudiante. Esto sugiere la necesidad de concentrar los esfuerzos en una formación científica desde un enfoque integral, y competencial.

Bajo el mismo contexto, pruebas internacionales como PISA (Programme for International Student Assessment/programa para la evaluación internacional de estudiantes) promovida por la OCDE (Organisation for Economic Co-operation and Development) refleja información importante sobre el conocimiento científico que

tienen los jóvenes de 15 años. Para ello, PISA, mide la competencia científica y otras competencias troncales como la lectora y matemática. Así mismo, en cada nueva edición de la prueba (trienal), se añade una competencia nueva a evaluar, considerada como innovadora.

Los resultados de la edición más reciente (2018) (OCDE, 2019a) muestran cómo el rendimiento en ciencias obtenidos por España (483), es ligeramente inferior a la media de los países en estudio (489) (países OCDE), sin embargo, en el análisis hecho entre las diferentes comunidades autónomas Españolas puede observarse que comunidades como Galicia (510) y Castilla y León (502) presentaron los resultados más altos en España y al mismo tiempo mayores que la media de los países OCDE (489). En contraste, Extremadura (473), Andalucía (471) y Canarias (470) fueron las comunidades autónomas que presentaron las puntuaciones más bajas. Esta desigualdad también se ve reflejada en los niveles de rendimiento que utiliza PISA para clasificar las capacidades y destrezas que debe poseer el estudiante. En este sentido, se tiene que un gran porcentaje de discentes españoles (79%), son capaces de participar de manera efectiva en situaciones relacionadas con la ciencia y tecnología (Nivel 2).

A los estudiantes que no alcanzan el Nivel 2, PISA los considera como de bajo rendimiento. A medida que el nivel de rendimiento aumenta, las capacidades y destrezas que integran la competencia científica también son mayores. Dentro de los 6 niveles que PISA usa para categorizar las capacidades y destrezas a la ciencia, los dos últimos (5 y 6), son los que representan mayor exigencia para los estudiantes, ya que en esos niveles deben de ser capaces de interconectar ideas científicas abstractas para explicar fenómenos y utilizar su conocimiento teórico para interpretar la información y hacer predicciones. Para España, los Niveles 5 y 6 presentaron un porcentaje de 4,2 y 0,3, respectivamente. En el caso de la comunidad de Canarias se tiene que solo un 2% (del 4,2 español) son estudiantes con un Nivel 5, sin registro de estudiantes de Nivel 6. Es necesario mencionar que a partir del Nivel 4, el alumnado es capaz de trabajar y realizar diseños, metodologías y explicaciones científicas sin apoyo o indicaciones oportunas, y desde el Nivel 3, son capaces de distinguir entre lo que es científico y lo que no.

La veracidad y alcance de los datos que arroja PISA han sido cuestionados por distintos países miembros (Martinez, 2007; Valenzuela, Bellei, Sevilla, & Osses, 2009), y valorados tomando en cuenta el ISEC (Índice Socioeconómico y Cultural) que utiliza PISA para englobar factores como: ocupación profesional y el nivel educativo de los padres, así como con los recursos disponibles en el hogar (por ejemplo, número de

libros, dispositivos digitales...). Dejando en evidencia, que el alumnado que más fracasa es aquél con más carencias económicas y entorno social desfavorecido al ser medidos desde el foco de la cultura escolar (Cabrera, Cabrera, Pérez, & Zamora, 2011).

En definitiva, tal como se indicó anteriormente el aprendizaje del conocimiento científico depende de muchos factores, que sumado a la inmigración, equidad e inclusión, alumnado repetidor y la realidad del aula, representan en conjunto una dificultad para la alfabetización científica.

Parece necesario proporcionar al alumnado estrategias que le ayuden a mejorar su aprendizaje hacia la ciencia y hagan desarrollar las destrezas y capacidades que integran la competencia científica. Para ello, deben implementarse actividades que ayuden a la preparación del alumnado primordialmente para alcanzar los objetivos educativos y formación competencial que el currículum determina, permitiendo a su vez superar pruebas internacionales como PISA. En este sentido, diferentes investigaciones reportan como el empleo de estrategias de investigación-indagación empleando experiencias en el laboratorio estimulan y fortalecen la competencia científica en estudiantes de secundaria (Pérez & Aleixandre, 2015). Así como, el empleo de metodologías que ayuden al alumnado a aprender a pensar científicamente por medio de herramientas del pensamiento crítico, favorece la comprensión y aprendizaje en la educación científica (Pedrinaci, 2012a; Vázquez & Manassero, 2018).

Por todo lo anteriormente expuesto, en esta investigación se plantean las siguientes preguntas:

- ¿Haber visto un fenómeno científico con anterioridad ayuda a la capacidad de predicción del alumnado?
- ¿Saber relacionar un contenido científico relacionado con un experimento, ayuda a la capacidad de predecirlo?
- ¿Haber visto un fenómeno científico con anterioridad ayuda a predecirlo y a relacionarlo con un contenido científico adecuado?
- ¿La capacidad de explicar un fenómeno científico está relacionada con la capacidad de predecirlo correctamente?
- ¿No saber explicar la predicción de un fenómeno científico impide predecirlo y relacionarlo adecuadamente con un contenido científico?

- ¿La tipología de pregunta empleada en la herramienta de recogida de datos, influye en la explicación del fenómeno científico?
- ¿La observación del fenómeno científico determina la capacidad de relacionarlo con un contenido científico adecuado?

Antecedentes

3. ANTECEDENTES

3.1. Competencia científica. Generalidades

La formación del alumnado desde un enfoque competencial hacia la ciencia es un aspecto complejo y muy amplio donde surgen un gran número de interrogantes: ¿qué se debe enseñar en las aulas para fomentar y desarrollar la competencia científica?, ¿qué tipo de actividades contribuyen a la formación científica?, ¿saber de ciencia es suficiente para enseñarla de forma competencial?, ¿qué debe saber el profesorado para enseñar ciencias y trabajar la competencia científica?, ¿la enseñanza de la ciencia se debe centrar solamente en la competencia científica?, ¿qué significa ser competente en ciencia?

El empleo de la palabra competencia tiene sus orígenes en el ámbito económico y laboral (p. ej. tener la capacidad para realizar un determinado trabajo), en este contexto, denota que el individuo debe poseer una serie de habilidades, destrezas y conocimientos para poder ejercer una determinada actividad (Pedrinaci, 2012b). Sin embargo, su uso en contextos educativos surge a finales de los años noventa a través del proyecto de la OCDE (*Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico / OECD-Organisation for Economic Co-operation and Development*) llamado DeSeCo (*Definition and Selection of Competences*), que aparece como un marco conceptual sólido que debe incorporar cualquier sistema educativo para afrontar los retos sociales a través de competencias para la vida dentro del mundo moderno (OCDE, 2005).

DeSeCo define competencia como:

La capacidad de responder a demandas complejas y llevar a cabo tareas diversas de forma adecuada. Supone una combinación de habilidades prácticas, conocimientos, motivación, valores éticos, actitudes, emociones y otros componentes sociales y de comportamiento que se movilizan conjuntamente para lograr una acción eficaz (OCDE, 2005, p.4).

Uno de los ejes centrales del proyecto DeSeCo es la búsqueda de una serie de competencias entre los distintos países y culturas que fueran comunes y claves para la vida. Para seleccionar las competencias clave, estas deben tener una serie de características que las hagan imprescindibles para el desarrollo integral del individuo. De esta forma, el primer requisito de una competencia clave es aportar cualidades que

se verán reflejadas en ámbitos sociales y económicos (p.ej. ser mejor padre o madre de familia, participación social y política, capacidad para obtener un empleo). Como segunda condición, una competencia debe ser útil y aplicable en distintos contextos, puesto que serán necesarias en las distintas áreas de la vida. Y, como tercera condición, una competencia clave no debe ser enfocada en el mismo ámbito donde ya una competencia específica está presente, es decir, hacer énfasis en la transversalidad, ya que cualquiera debería poder aspirar a desarrollar dicha competencia.(OCDE, 2005).

Por otro lado, la Comisión Europea define las competencias clave como (Pedrinaci, 2012b):

Las competencias clave representan un paquete multifuncional y transferible de conocimientos, destrezas y actitudes que todos los individuos necesitan para su realización y desarrollo personal, inclusión y empleo. (Pedrinaci, 2012, p.20)

Paralelamente a DeSeCo, el programa PISA (*Programme for International Student Assessment / Programa para la Evaluación Internacional de Estudiantes*) también auspiciado por la OCDE, se encargó de publicitar e incorporar el término competencia en el ámbito educativo (OCDE, 2005). PISA evalúa cada tres años desde el año 2000, tres competencias en estudiantes de 15 años de edad en los sistemas educativos de los países miembros de la OCDE: competencia lectora, matemática y científica (OCDE, 2019a, 2019b).

PISA en el año 1999 define la competencia científica como: la combinación del conocimiento científico con la extracción de conclusiones basadas en pruebas y en el desarrollo de hipótesis para comprender y ayudar a tomar decisiones sobre el mundo natural y los cambios que se producen en él a causa de la actividad humana(OCDE, 1999). No obstante, esta definición experimentó cambios cuando es comparada con la que se indica en la última edición de PISA (OCDE, 2019b):

La competencia científica es la capacidad de comprometerse con los temas relacionados con la ciencia, y con las ideas de la ciencia, como un ciudadano reflexivo. Una persona con conocimientos científicos está dispuesta a participar en un discurso razonado sobre la ciencia y la tecnología, que requiere las competencias para explicar los fenómenos científicamente, evaluar y diseñar la investigación científica, e interpretar los datos y las pruebas científicas (OCDE, 2019b, p.100).

Habiendo estructurado una idea más clara sobre qué engloba una competencia educativa, es posible extrapolarla a la explicación de la competencia científica. La competencia científica puede definirse como (Pedrinaci, 2012b):

Un conjunto integrado de capacidades para utilizar el conocimiento científico a fin de describir, explicar y predecir fenómenos naturales; para comprender los rasgos característicos de la ciencia; para formular e investigar problemas e hipótesis; así como para documentarse, argumentar y tomar decisiones personales y sociales sobre el mundo natural y los cambios que la actividad humana genera en él. (Pedrinaci, 2012, p.31).

Un término también educativo que acompaña desde sus inicios al uso de la palabra competencia científica es el de alfabetización científica. Existen distintos puntos de vistas que tratan de diferenciarlas, aventajando de alguna manera el concepto de competencia sobre el de alfabetización. Aunque parecen ser lo mismo, Gil y Viches (2001) explican que la diferencia entre ambos términos radica en que la alfabetización está orientada hacia aquellos individuos que no elegirán una futura formación científica, y su uso es inadecuado para aquellas personas que si pretenden estudiarlas (Gil & Vilches, 2001) . Otra respuesta a esta diferencia, es que el surgimiento de la competencia científica vino acompañado de las competencias clave, entre las que existe un apoyo para su desarrollo conjunto y aplicación curricular, además de crear un escenario más cercano para la implementación de estrategias de enseñanza adecuadas (Pedrinaci, 2012b). No obstante, un dato relevante es que PISA siempre ha empleado el término alfabetización científica (*scientific literacy*) en sus evaluaciones, y explica además cuáles son las competencias (*competencies*) que se requieren para alcanzarla, conceptos que, en los informes PISA en castellano se convierten en competencia científica y capacidades requeridas.

La articulación de definiciones sobre la competencia científica es variada y cambiante en función de quién o qué organismo lo emita, sin embargo, no debe perderse de vista que al desarrollo a la competencia científica contribuirán aquellos conocimientos, habilidades y destrezas primordiales para ello. Es decir que, para que el alumnado sea competente científicamente es necesario tener claro en concreto qué aprendizajes y capacidades debe poseer (Cañal, 2011).

La competencia científica puede desglosarse en distintas dimensiones (anexo 1): conceptual, metodológica, actitudinal e integrada. Dentro la dimensión conceptual se tiene que el alumnado debe poseer las capacidades para: i) utilizar conceptos y modelos científicos, ii) para diferenciar la ciencia de otras interpretaciones no científicas y iii) de emplear el conocimiento científico personal para describir, predecir y explicar fenómenos naturales. Por otro lado, los aprendizajes básicos que debe tener el alumnado en esta dimensión son: i) aprender los conceptos, modelos y teorías de la ciencia (p. ej. Física y Química), ii) asociar y relacionar los conceptos, modelos y teorías de una manera integrada para resolver problemas en diferentes contextos vivenciales y para describir, predecir y explicar fenómenos naturales desde un perspectiva científica, iii) aprender sobre la naturaleza del conocimiento científico sus aplicaciones y fundamentos. La dimensión metodológica aborda las capacidades aprendizajes básicos relacionados con la metodología científica, tales como: el diseño de estrategias para la investigación científica, formulación de hipótesis, selección y contraste de información y fuentes de información relevantes, resumen, interpretación y clasificación de datos obtenidos, formulación de conclusiones y producción de argumentaciones de valor científico (Cañal, 2011, 2012a).

La dimensión actitudinal tiene que ver con aquellas capacidades y aprendizajes que contribuyan al interés en la indagación, conocimiento y resolución de problemas científicos de índole socioambiental, en los recursos naturales y la aportación tecnológica basada en el avance de la ciencia para evitar su deterioro y el desarrollo del sentido crítico para toma de decisiones en diferentes contextos. Finalmente, la dimensión integradora, como su nombre lo indica, engloba la integración e interconexión de todas las competencias y aprendizajes de la competencia científica, para poder emplearla y actuar con coherencia en la resolución de problemas en los diversos contextos de la vida dentro del mundo moderno (Cañal, 2011, 2012b).

Bajo este mismo orden de ideas, PISA propone que la competencia científica (*alfabetización científica-scientific literacy*) puede ser desarrolla desde tres aspectos importantes (OCDE, 2019b):

- *Explicación de fenómenos científicos*

La explicación de un fenómeno científico requiere conocimiento de ciencia (*conocimiento de contenido/conceptual-content knowledge-CK*), de las teorías, modelos e ideas explicativas sobre los descubrimientos o hallazgos de los descubrimientos

científicos que han marcado el avance del desarrollo tecnológico desde tiempos remotos hasta la actualidad. Sin embargo, para la explicación de un fenómeno científico también es necesario tener el conocimiento de cómo se han obtenido dichas teorías, los procedimientos y el método utilizado en la investigación científica para dicho fin (*conocimiento de procedimiento/procedimental-procedural knowledge-PK*). Además, es necesario que los individuos comprendan el rol que tienen al justificar el conocimiento producido por la ciencia (*conocimiento epistémico- epistemic knowledge-EK*).

– *Evaluación y diseño de la investigación científica*

Los individuos deben tener conocimiento sobre cómo funciona y estructura la producción del conocimiento en la investigación científica (*CK*). Además deben poseer conocimiento sobre los procedimientos que se usan en la investigación científica (*PK*), así como la función de dichos procedimientos para justificar cualquier afirmación o hipótesis que se haga en ciencia (*EK*). Es decir, el alumnado debería saber evaluar si una investigación científica ha seguido los procedimientos conducentes a conclusiones con veracidad. Además, en términos generales, los individuos deberían saber proponer como investigar una cuestión científica adecuadamente.

– *Interpretación científica de datos y evidencias*

La interpretación de datos científicos y los procedimientos que son empleados para dicho fin (*PK*) son de gran relevancia para el avance de la investigación científica. El alumnado deberá ser capaz de emitir juicios de valor científico en cuanto a los procedimientos seguidos para obtener los datos experimentales y evaluar si las interpretaciones realizadas conducen a conclusiones que están debidamente justificadas (*EK*). La búsqueda de la mejor interpretación científica de un conjunto de datos exige conocimiento científico (*CK*).

En España, la primera vez que se introdujo el concepto de competencia, fue en la LOE (Ley Orgánica de Educación / Real Decreto 1631/2006, de 29 de diciembre) en el año 2006 (MECD, 2006), promovido por una recomendación del Parlamento Europeo y el Consejo de la Unión Europea (Parlamento, 2006). En dicha recomendación (2006/962/CE), la competencia relacionada con ciencia, está acompañada con la competencia matemática y la tecnológica, y se denomina: Competencia matemática y competencias básicas en ciencia y tecnología, y se define como:

La competencia en materia científica alude a la capacidad y la voluntad de utilizar el conjunto de los conocimientos y la metodología empleados para explicar la naturaleza, con el fin de plantear preguntas y extraer conclusiones basadas en pruebas. Por competencia en materia de tecnología se entiende la aplicación de dichos conocimientos y metodología en respuesta a lo que se percibe como deseos o necesidades humanas. Las competencias científica y tecnológica entrañan la comprensión de los cambios causados por la actividad humana y la responsabilidad de cada individuo como ciudadano. (Parlamento UE, 2006, p. L 394/15).

Sin embargo, en la LOE, la competencia relacionada con la ciencia aparece con el nombre de competencia en el conocimiento y la interacción con el mundo físico, y se define como (MECD, 2006):

Es la habilidad para interactuar con el mundo físico, tanto en sus aspectos naturales como en los generados por la acción humana, de tal modo que se posibilita la comprensión de sucesos, la predicción de consecuencias y la actividad dirigida a la mejora y preservación de las condiciones de vida propia, de las demás personas y del resto de los seres vivos... En definitiva, esta competencia supone el desarrollo y aplicación del pensamiento científico-técnico para interpretar la información que se recibe y para predecir y tomar decisiones con iniciativa y autonomía personal en un mundo en el que los avances que se van produciendo en los ámbitos científico y tecnológico tienen una influencia decisiva en la vida personal, la sociedad y el mundo natural. Asimismo, implica la diferenciación y valoración del conocimiento científico al lado de otras formas de conocimiento, y la utilización de valores y criterios éticos asociados a la ciencia y al desarrollo tecnológico (MECD, 2006, p. 21).

En contraste con las definiciones aquí mostradas, puede observarse que la primera vez que se nombra una competencia relacionada con la ciencia en la legislación educativa española, se le define solamente como una habilidad. Es así como finalmente hasta el año 2015, se publica en la Orden ECD/65/2015 del 21 de enero, la descripción de las relaciones entre las competencias y los contenidos y criterios de evaluación de la Educación Secundaria Obligatoria (E.S.O) y Bachillerato (MECD, 2015). Es entonces, enmarcados dentro de la ley de educación LOMCE (2013) (Ley Orgánica para la Mejora de la Calidad Educativa), que la competencia científica vuelve a denominarse como Competencia matemática y competencias básicas en ciencia y tecnología. En la

LOMCE, la competencia científica está relacionada con la adquisición de destrezas, actitudes, saberes, conocimientos, valores y herramientas hacia la ciencia, la investigación y conocimiento científico. Hace referencia al desarrollo de esta competencia en los ámbitos de los sistemas físicos, biológicos, de la tierra y del espacio y tecnológicos. Además, se especifica la formación práctica complementaria en dos dominios de gran importancia: la investigación científica y la comunicación de la ciencia.

3.2. Evaluaciones, estudios internacionales y la educación científica. Evaluación de la competencia científica

La obtención de un diagnóstico del rendimiento de los sistemas educativos basado en indicadores comunes, ha sido una labor que se realiza desde varios años. Este tipo de evaluaciones internacionales permiten conocer y comparar el nivel de rendimiento académico en diversos ámbitos entre diferentes países en el mundo, por lo que representan una ventana hacia la mejora educativa de cara a la formación de los individuos para suplir a las exigencias de las sociedades desde la educación.

Se tienen por ejemplo, estudios promovidos por la IEA (*International Association for the Evaluation of Educational Achievement-Asociación Internacional para la Evaluación del Rendimiento Escolar*) como el FISS (*First International Science Study*) que fue uno de los primeros estudios realizados para medir el rendimiento en ciencia (Biología, Física y Química), además de actitudes, métodos de enseñanza, desarrollo de habilidades prácticas y la comprensión de la naturaleza de la ciencia. Este estudio se realizó entre los años 1970 y 1971, con la participación de 19 países (University of Gothenburg, s. f.). La segunda edición de este estudio, el SISS (*Second International Science Study*), se realizó en 23 países entre los años 1983-1985, y al igual que el FISS, se centró en la evaluación de jóvenes de 10 y 14 años, y estudiantes que cursan el último año de secundaria. En esta segunda edición al igual que la primera, la evaluación reflejó una estrecha relación entre las actitudes, valores hacia la ciencia, tiempo para estudiar y aprender ciencia con el rendimiento alcanzado por el alumnado (Murphy, 1996). España se incorpora a este tipo de estudios en la tercera edición llamado TIMSS (*Trends in International Mathematics and Science Study*) con la participación de 50 países (IEA, 2017).

La prueba TIMSS se realiza cada cuatro años desde 1995, y la edición más actual (2019) pretendía tener hasta 70 países participantes. España participó por en la primera edición de esta evaluación con estudiantes de 7° y 8° de EGB (Educación General Básica), sin embargo en la actualidad solamente participa con alumnado de 4° de educación primaria (MECD, s. f.).

TIMSS monitorea el rendimiento en matemática y ciencia enfocados además en el desarrollo de capacidades en tecnología, ingeniería y matemática, lo que ayuda de manera paralela a la detección de las carencias en el enfoque del currículum científico. Esta prueba usa un modelo basado en el currículum. Así se tienen tres aspectos a considerar: i) el currículum previsto, ii) el currículum que se está aplicando y, iii) el currículum alcanzado. Al igual que las primeras ediciones (FISS y SISS), TIMSS evalúa el ámbito científico (*science framework*) en dos grupos: estudiantes de entre 9-10 años y estudiantes entre 13-14 años de edad (cuarto y octavo grado, respectivamente), y lo hace por medio de dos dimensiones: una dimensión de contenido (especificando la materia que se evaluará) y una dimensión cognitiva (especificando cuál es el proceso de pensamiento que se evaluará) (IEA, 2017).

La dimensión de contenido para cuarto grado abarca: ciencia de la vida, física y ciencia de la tierra. Para octavo grado abarca: biología, química, física y ciencias de la tierra. Con respecto al dominio cognitivo, en ambos grupos de estudiantes se evalúan tres procesos: conocer, aplicar y razonar (conocimiento, aplicación y razonamiento). Cada uno de estos presenta diferencias en la ponderación en su evaluación dependiendo del grupo de estudiantes a analizar (IEA, 2017).

En términos generales, la dimensión de contenido abarca un grupo de aprendizajes para cada materia a evaluar distribuido en grande áreas desde donde se plantean los distintos objetivos en: conocimiento, habilidades y destrezas que se desean conseguir con el alumnado. Por otra parte, cada contenido es evaluado midiendo de forma paralela la dimensión cognitiva. En el proceso cognitivo de conocimiento se evalúa que el alumnado posea conocimiento en hechos, procesos, relaciones, conceptos y equipos. Además de capacidad de reconocimiento, memoria, describir, proveer ejemplos (IEA, 2017).

Para el proceso cognitivo aplicar, se evalúa la capacidad de aplicar los aprendizajes científicos en distintos contextos, así como, contrastar, comparar, clasificar, relacionar, usar modelos, interpretar y explicar hechos, conceptos, ideas y fenómenos relacionados con la ciencia. Finalmente, en el proceso cognitivo de razonar

(razonamiento) se evalúa la capacidad de analizar, sintetizar, evaluar, generalizar, y justificar hechos, datos y situaciones donde se requiera inferencias desde un punto de vista científico. Además de diseñar investigaciones científicas, construir conclusiones, formular hipótesis y predecir fenómenos naturales integrando el conocimiento teórico/conceptual y la evidencia. Cabe destacar que el TIMSS junto al programa PIRLS (*Progress in International Reading Literacy Study*) conforman el ciclo central de evaluación de la IEA, midiendo el rendimiento/logros del alumnado en tres materias fundamentales: matemática, ciencia y lectura. En la última edición de esta prueba (2019), España participó nuevamente con estudiantes de 4º de primaria el ahora denominado eTIMSS, debido a que parte de la prueba se realiza en formato digital. Los resultados de esta edición aún no han sido publicados, sin embargo los alcanzados en el TIMSS del año 2015 fueron altos al ser comparados con el promedio de los países participantes de la TIMSS (IEA, 2017; MECD, s. f.).

Una de las pruebas internacionales de evaluación más concurridas en la que España (con todas sus comunidades autónomas) participa desde el año 2000, es PISA. Como se mencionó en el apartado anterior, PISA es un estudio trienal que evalúa lo que jóvenes estudiantes al final de la educación obligatoria saben, y qué pueden hacer con esos conocimientos (OCDE, 2019a, 2019b). Para ello, PISA evalúa esos aprendizajes a través de tres competencias troncales: lectora, matemática y científica. En la última edición de PISA (2018), en España participaron más de 1000 centros educativos y más de 36000 estudiantes que en su mayoría se encontraban en 4º de la ESO, además se evaluó la competencia global, considerada innovadora para esta edición.

En la evaluación de la alfabetización científica las preguntas que hace PISA para medir el rendimiento de los estudiantes, se basan en tres aspectos: contextos, conocimientos, competencias y demanda cognitiva, esta última fue agregada en la edición del 2018 (figura 2). Los contextos se dividen en: personales, locales/nacionales y globales. Y PISA evalúa la aplicabilidad de la ciencia y tecnología en dichos contextos por medio de 5 grupos: salud y enfermedad, recursos naturales, calidad del medio ambiente, peligros y la frontera entre la ciencia y la tecnología. El conocimiento científico se divide en: conocimiento de contenido, conocimiento de procedimiento y conocimiento epistémico (OCDE, 2019b).

En la figura 2, se observa cómo la evaluación PISA utiliza distintos aspectos que se interrelacionan entre sí para medir las capacidades que constituyen las competencias de la alfabetización científica.

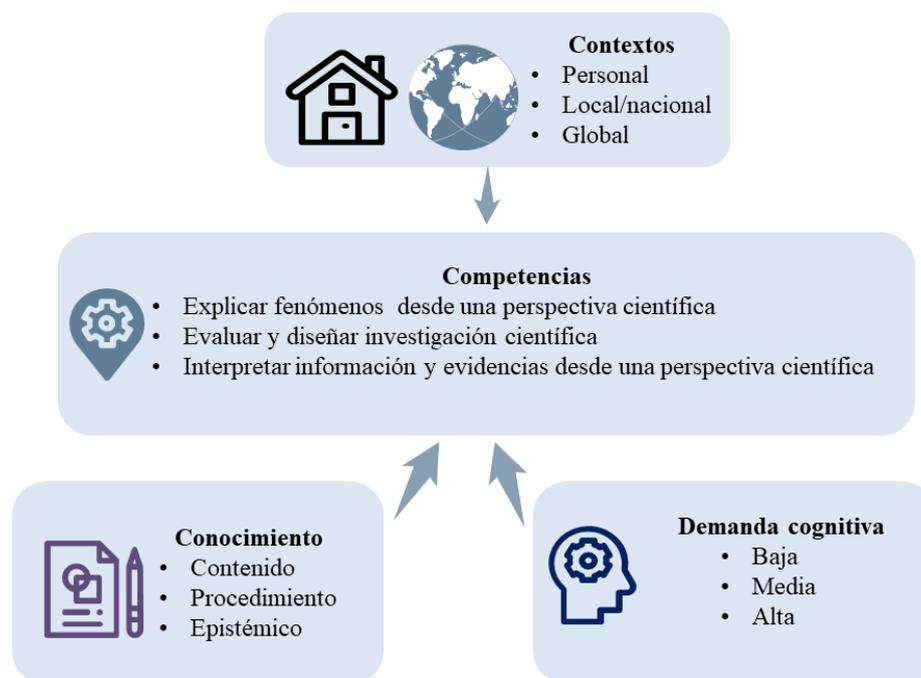


Figura 2. Aspectos que considera la prueba PISA para la evaluación de la competencia científica en el alumnado (elaboración propia, adapto de (OCDE, 2019b)).

El conocimiento de contenido que se evalúa en la prueba se selecciona de entre los tópicos más importantes de la Física, Química, Biología y Ciencias de la tierra y el espacio, tomando en cuenta los siguientes criterios: i) relevancia para situaciones de la vida, ii) importancia y utilidad duradera, iii) apropiado para el nivel de desarrollo de jóvenes de 15 años. El conocimiento de procedimiento, basado en los aquellos conocimientos necesarios para la investigación científica: obtención de datos, uso de variables en el diseño de experimentos, manejo de medidas y control de la incerteza experimental, tratamiento de datos, magnitud del error, identificación de patrones en la información, etc (OCDE, 2019a, 2019b).

Finalmente, el conocimiento epistémico es aquel que se requiere para construir y definir las características de la creación del conocimiento científico, como: la formulación de hipótesis, teorías, observaciones, modelos. En este sentido, el alumnado se le evaluará que sepa comprender la justificación y razonamientos que los científicos

realizan en sus procedimientos y prácticas para crear las bases del conocimiento científico sobre el mundo natural.

En cuanto a la evaluación de las competencias en la alfabetización científica, PISA lo hace en función de las capacidades de: explicar un fenómeno desde una perspectiva científica, evaluar y diseñar una investigación científica, e interpretar datos y evidencias desde un enfoque científico.

Al igual que la prueba TIMSS, PISA evalúa la demanda cognitiva que se realiza durante cada etapa de la prueba y en los diversos aspectos mencionados (ver figura 2). Para ello, emplea una escala basada en una modificación de la taxonomía de Bloom (clasificación de las habilidades cognitivas), llamada: profundidad del conocimiento (*Depth of Knowledge-DOK*), para posteriormente categorizar la exigencia cognitiva en niveles: bajo, medio y alto (OCDE, 2019b, 2019a).

En el Nivel bajo, el alumnado solamente ha podido realizar un procedimiento de un solo paso, ha podido recordar un hecho, un solo concepto, un solo principio o localizar un solo punto de información en un gráfico o tabla.

Para alcanzar un nivel medio, el alumnado debe utilizar y aplicar los conocimientos conceptuales para describir o explicar los fenómenos, además de seleccionar los procedimientos apropiados que impliquen dos o más pasos; organizar o mostrar datos; interpretar y utilizar conjuntos de datos/gráficos simples. Para alcanzar un nivel alto, el alumnado debe tener la capacidad de analizar información/datos complejos; sintetizar o evaluar pruebas; justificar; razonar la información según la fuente de obtención; elaborar un plan o una secuencia de pasos para abordar un problema.

Finalmente, los resultados obtenidos del rendimiento en ciencias PISA emplea una escala dividida van referidos a una escala de 7 niveles; en estos, están englobados los aspectos en los que PISA basa su evaluación (mencionados antes y mostrados en la figura 2). Los diferentes niveles se distribuyen de acuerdo al rendimiento alcanzado del alumnado basado en las capacidades, conocimientos y habilidades logradas. Los niveles se ordenan de menor a mayor logro hacia la competencia científica de la siguiente manera: 1b, 1a, 2, 3, 4, 5 y 6. En contraste, para el nivel 1b se tienen estudiantes con capacidad de hacer uso de conceptos básicos para reconocer fenómenos sencillos o conocidos, además pueden realizar un procedimiento científico con instrucciones claras y explícitas. Para el nivel 6 (el más alto), los estudiantes son capaces de interrelacionar ideas y conceptos de ciencias a través de conocimiento conceptual, procedimental y

epistémico, además pueden discriminar información, aprovechar el currículum externo y formular hipótesis explicativas y predictivas de fenómenos naturales. En dicha escala, los estudiantes que alcanzan un nivel 2, PISA los considera de “bajo rendimiento”, puesto que necesitan ayuda para abordar cuestiones relacionadas con la ciencia, inclusive en contextos conocidos (anexo 2) (OCDE, 2016, 2019b).

En general, la evaluación de la competencia científica no es tarea fácil, al contrario, es compleja e integra una serie de dimensiones y parámetros a veces difíciles de identificar. Aun así, las evaluaciones internacionales además de proporcionar información del rendimiento del alumnado en un determinado ámbito, proveen a su vez herramientas para la mejora de la enseñanza de la ciencia facilitando información sobre cómo evaluar y dar seguimiento al desarrollo de la competencia científica y las actitudes hacia el aprendizaje de la ciencia.

3.3. La predicción y explicación de fenómenos científicos en la competencia científica

La formación en la competencia científica engloba ciertas capacidades, aprendizajes y conocimientos que deben ser seleccionados de entre aquellos que no supongan relevancia significativa para su uso futuro en la vida y sociedad. Es decir, no todos los conocimientos que se aprenden pueden llegar a ser útiles en contextos de la vida, y por consiguiente la proyección de la competencia científica se perdería. En este sentido, la caracterización de la competencia científica ubica como prioritario dentro de la dimensión conceptual la capacidad de predecir y explicar fenómenos científicos (Cañal, 2011).

Esto significa que el alumnado sea capaz de utilizar el conocimiento científico, esto se traduce en conocer dicho conocimiento de manera significativa, para poder posteriormente aplicarlo en la descripción, predicción o explicación de alguna cuestión o fenómeno relativo a la naturaleza y la tecnología.

La capacidad de predecir y explicar un fenómeno desde una perspectiva científica exige procesos cognitivos que deben ser desarrollados por los estudiantes. Tal es el caso que la prueba TIMSS que evalúa la competencia científica midiendo la capacidad de predecir y explicar en la dimensión cognitiva, específicamente en los procesos de razonamiento y aplicación, respectivamente (IEA, 2017).

Por otro lado, PISA ubica dentro sus competencias centrales, la capacidad de explicar un fenómeno desde un enfoque científico, y además, utiliza las capacidades de predecir y explicar fenómenos para categorizar los niveles de rendimiento del alumnado en la alfabetización científica (OCDE, 2016, 2019b). Así se tiene que, para alcanzar un nivel 5 o 6 dentro de la escala de rendimiento en ciencias, es necesario emplear el conocimiento científico para elaborar explicaciones y predicciones en contextos más o menos familiares, respectivamente. Sin embargo, desde el nivel 3 se le exige al estudiante que pueda elaborar una explicación científica de fenómenos conocidos, a través de conocimientos conceptuales de complejidad media, pero debajo de este nivel, tan solo se exige identificar una explicación adecuada de situaciones, apoyándose en el conocimiento procedimental, para el nivel 2 y reconocer explicaciones científicas de fenómenos sencillos por medio del conocimiento cotidiano. En el nivel 1b (el más bajo), el estudiante solo debe reconocer aspectos de fenómenos sencillos o familiares(OCDE, 2019b).

De este modo, queda de manifiesto como la predicción y explicación de fenómenos juega un papel importante de cara a sustentar la competencia científica.

Bajo este orden de ideas, algunos autores exponen que la exposición oral o escrita de un juicio científico es de vital importancia para el aprendizaje de la ciencia y el desarrollo de la competencia científica. En ese sentido, el empleo de la argumentación es de vital importancia para el aprendizaje y enseñanza de las ciencias.

El saber argumentar significa tener conocimiento al momento de emitir una opinión, una idea, basada en pruebas (información, datos). Esto, a su vez, favorece el desarrollo de la competencia lingüística y del lenguaje científico y, en consecuencia, a una alfabetización científica. Para aprender ciencia y emitir una explicación científica, es necesario saber, hablar, leer y escribir ciencia (Pedrinaci, 2012a).

Algunos esfuerzos realizados para fortalecer las deficiencias en las capacidades que PISA emplea para medir la competencia científica, pueden encontrarse en la bibliografía, y están relacionadas con, el desarrollo de la capacidad comunicativa y autorregulación metacognitiva del alumnado (Sardá & Marquéz, 2009), uso de actividades de indagación y análisis del test PISA (Pérez & Aleixandre, 2015), o con el desarrollo de la competencia científica a través de la capacidad de evaluar y diseñar una investigación científica (Muñoz & Charro, 2017).

3.4. Habilidades de pensamiento de orden superior (*Higher Order Thinking Skills/ HOTS*)

Las habilidades de orden superior (*HOTS*) es un concepto nativo del sistema educativo norteamericano, y se refiere a procesos cognitivos que requieren mayor demanda intelectual. Basadas en la Taxonomía de Bloom (Bloom, 1956), las *HOTS* son aquellos procesos situados en la parte superior de dicha taxonomía: analizar, evaluar y crear (figura 3) (Ariyanto, Mardiyana, & Siswanto, 2020). Por otra parte, los procesos cognitivos situados en la parte inferior de la pirámide de Bloom se denominan habilidades de pensamiento de orden inferior (*Low Order Thinking Skill/LOST*). Cabe mencionar que los procesos cognitivos a los que se hace referencia en la taxonomía de Bloom, corresponden a la modificación (revisión) realizada de esta por Krathwohl y Anderson (2001) (Anderson, Krathwohl, & Bloom, 2001).

Brevemente. El cuarto nivel (de abajo hacia arriba) de esta taxonomía de Bloom revisada, corresponde al proceso cognitivo de analizar. Para saber analizar, los estudiantes deben relacionar los constituyentes de un todo y poder relacionarlos entre sí y con una estructura o propósito general, además, deben poseer conocimientos y saber teorías para luego relacionarlas. Este nivel se divide en: distinguir, organizar y caracterizar. El quinto nivel corresponde a evaluar. En él, los estudiantes deben tener la capacidad de pensar críticamente para hacer juicios basados en criterios o estándares predeterminados. Evaluar se divide en revisar y criticar. Por último, el nivel más alto es: crear. Para que el alumnado sea capaz de crear, debe unir una serie de elementos para hacer un nuevo producto. Deben construir cosas nuevas, combinando elementos ya existentes. Este nivel se divide en: generar, planificar y producir (Brookhart, 2010).

En ese sentido, las *HOTS* envuelven actividades mentales que requieren esfuerzo para explorar experiencias complejas, reflexivas y creativas que se llevan a cabo conscientemente para lograr objetivos, denominadas como: actividades de adquisición de conocimientos. Este tipo de habilidades de pensamiento desarrollará capacidades relacionadas con: i) la transferencia de un concepto en otro, ii) implementación y procesamiento de la información, iii) búsqueda de enlace o conexiones entre la información, iv) procesamiento de la información para resolver problemas, v) análisis de información e ideas de manera crítica. Entre las actividades cognitivas que engloban las *HOTS* se pueden enumerar: construcción y elaboración de argumentos, hacer preguntas desde la investigación científica, hacer comparaciones,

identificar afirmaciones falsas, tomar decisiones, resolver problemas (Ariyanto et al., 2020).

Por otro lado, las HOTS también se relacionan con aquellas actividades realizadas en la investigación científica, como: la escritura de textos académicos, pensamiento crítico, razonamiento y creatividad en la labor científica (Supeno, Astutik, Bektiarso, Lesmono, & Nuraini, 2019).

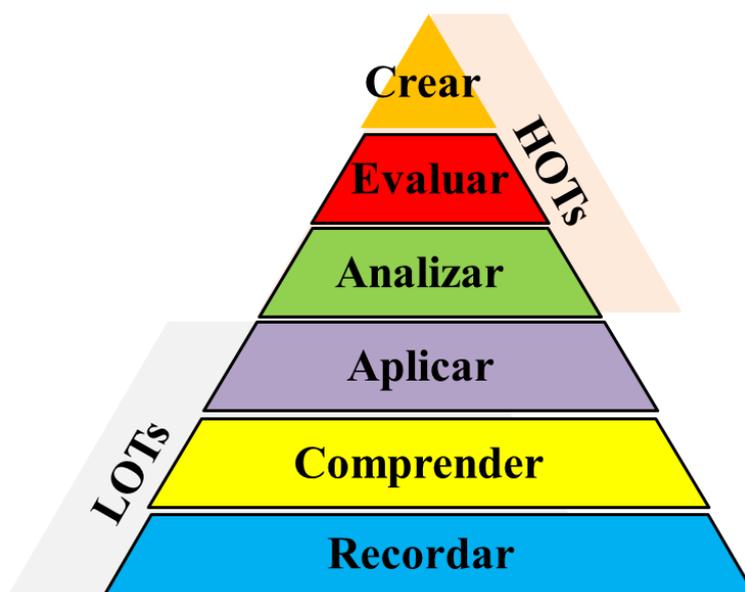


Figura 3. Taxonomía de Bloom revisada y visualización de las HOTS y LOTS (elaboración propia, adaptada de Kelly, 2020).

Basar el aprendizaje del alumnado en procesos cognitivo como las HOTS trae consigo ventajas en su formación, ya que desarrollan la capacidad de: formular preguntas complejas, desarrollar opiniones robustas y sólidas, introducción de argumentos consistentes, mejorar la motivación al aprendizaje. El alumnado con altas habilidades de orden superior poseen mejor retención del conocimiento, lo que les ayudará a superar los retos en la actual era de información donde se tiene poco tiempo para procesarla. Todo esto se traduce en más y mejores oportunidades para competir en el mundo moderno (Ariyanto et al., 2020; Brookhart, 2010).

Diferentes investigaciones muestran algunas maneras para desarrollar las HOTS en el contexto científico. Supeno et al., estudiaron la medición de las HOTS a través de la habilidad en la comunicación por medio de la escritura científica, además del razonamiento y resolución de problemas de Física. Los resultados alcanzados mostraron que en su mayoría, el alumnado era capaz de resolver problemas, pero no tenía la

capacidad de razonar y expresar satisfactoriamente las ideas y cuestiones de científicas en el estudio (Supeno et al., 2019). Por otra parte, Megawati, Hartatiana, & Wardani, (2020), reportan un estudio en el área de matemática, donde los estudiantes no son capaces de resolver problemáticas enmarcadas en la medición de capacidad de crear, y, en su mayoría, llegan escasamente al nivel de análisis (Megawati, Hartatiana, & Wardani, 2020). Bajo la misma línea, el estudio de Budiarti, Suparmi, Sarwanto, y Harjana (2017), refleja casi el mismo comportamiento cuando se pregunta a los estudiantes sobre el concepto de temperatura y calor. Por medio de representación de fenómenos prácticos por medio de diversas gráficas, los investigadores tratan de medir la capacidad de análisis, evaluación y creación del alumnado. Los resultados conseguidos muestran que los estudiantes no son capaces de construir, ni diseñar hipótesis e ideas correctas de los conceptos estudiados (Budiarti, Suparmi, Sarwanto, & Harjana, 2017).

La medición de este tipo de habilidades es compleja, y su adecuado estudio requiere la búsqueda de las herramientas apropiadas para conseguir una medida satisfactoria y real. Trabajar en el aula fortaleciendo las habilidades/capacidades de orden superior, pueden traer grandes beneficios para el desarrollo del alumnado y del currículum de ciencias, además de servir como “entrenamiento” para pruebas internacionales como PISA o TIMSS, y por consiguiente, alcanzar mejores resultados.

A pesar de todas las virtudes que trae el desarrollo de las HOTS para el alumnado, es necesario buscar los contextos, herramientas pedagógicas y/o estrategias de enseñanza que permitan y sean capaces de hacerlas crecer y entrenarlas.

3.5. Metodología: predecir, observar, explicar (POE)

El POE (*Predict-Observe-Explain*), es una metodología o estrategia de enseñanza que se basa en un enfoque de investigación, donde se pone a prueba la comprensión del alumnado por medio de tres tareas. Primero, se debe predecir el resultado de algún evento y justificar su predicción; luego observar el fenómeno (normalmente una demostración); y, finalmente, se debe explicar cualquier conflicto entre la predicción y la observación. Esta metodología promovida por White and Gunstone (White & Gunstone, 1992), pero desarrollada en la University of Pittsburgh por Champagne, Koplér y Anderson (Kearney, Treagust, Yeo, & Zadnik, 2001), tiene como propósito que los estudiantes aprendan a usar la información adquirida, para

interpretar sucesos y experiencias. El POE es una herramienta para medir la habilidad de aplicar el conocimiento.

La fase de predicción dentro de esta estrategia, es probablemente donde se requiera una aplicación genuina del conocimiento, puesto que los estudiantes tratan de predecir y proponer justificaciones a lo que pasará a partir de su conocimiento previo, antes de que el experimento o demostración sea realizada en su totalidad. Una vez la demostración es realizada, los juicios emitidos en las predicciones se contrastan con la información obtenida en la observación. Luego deben discutirse y explicar los resultados. Desde un plano constructivista, una de las característica clave del POE, es que el estudiante puede decidir qué tipo de razonamiento aplicar en cada situación, usualmente suele ser aquel que asocia con sus experiencias, creencias y conocimiento cotidiano (previo), más no con el conocimiento escolar. Un aspecto muy importante durante la realización de esta metodología, es crear las condiciones (cuestionario, experiencias o demostraciones) para que el alumnado pueda escribir y pensar adecuadamente sus ideas para predecir, observar y explicar (Kearney et al., 2001; White & Gunstone, 1992). En la figura 4 se puede observar un esquema de la metodología POE.

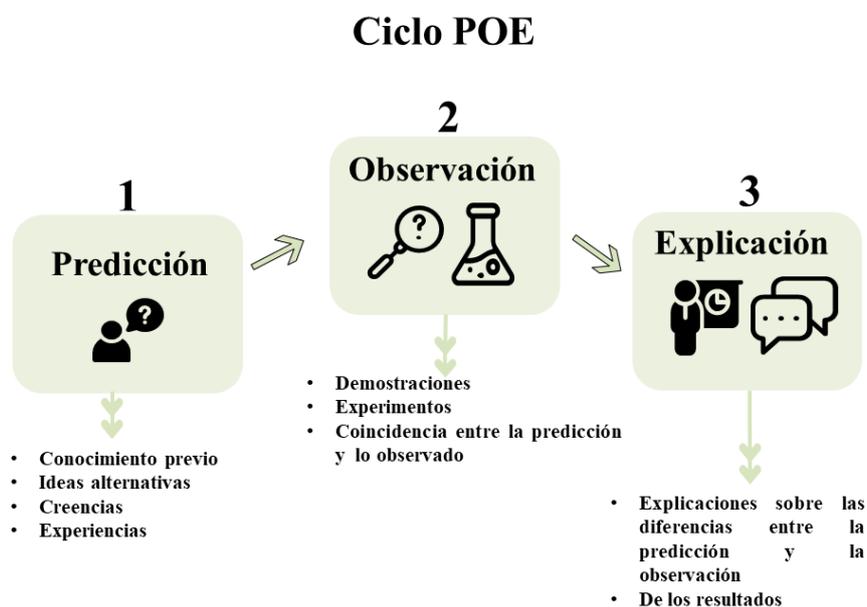


Figura 4. Etapas de la metodología predecir, observar y explicar (POE) (Elaboración propia).

La versatilidad que posee esta herramienta pedagógica, ha permitido que pueda aplicarse en una gran diversidad de campos y desde diferentes enfoques. En la bibliografía se encuentra que el POE es comúnmente empleado para el diagnóstico y determinación de ideas previas en el alumnado, por lo que se ha implementado en el

estudio de diversos tópicos como, la temperatura y calor (Latifah et al., 2019), ácidos y bases (pH y pOH) (Kala, Yaman, & Ayas, 2013), funcionamiento y concepto en el estudio del sistema respiratorio (Kusnadi, Lazuardi, & Surakusumah, 2019), estudio práctico del uso y concepto de las enzimas (Bilen, ÖZEL, & KÖSE, 2016), efecto fotoeléctrico (Ayvaci, 2013), elaboración de cartas comerciales (Kumalasari, Churiyah, & Sukmawati, 2017), conceptos de electroquímica fundamental dentro del laboratorio (Karamustafaoglu & Mamlok-Naaman, 2015), presión hidrostática y principio de Arquímedes (Berek, Sutopo, & Munzil, 2016), disolución de sales de sodio, potasio, nitratos, ect.(Kibirige, Osodo, & Tlala, 2014), concepto de reacciones óxido-reducción a través de experimentos (Treagust, Mthembu, & Chandrasegaran, 2014); utilizando de manera paralela estrategias como el aprendizaje cooperativo con el POE para determinar el volumen de un cubo (Nurhuda, Lukito, & Masriyah, 2018), o el sistema ADDIE (Análisis, Diseño, Desarrollo, Implementación y Evaluación) para el estudio de conceptos relacionados con materiales (Rini, Suryani, & Fadhillah, 2019).

El POE puede utilizarse en estudiantes de diferentes edades. Estudios recientes realizados con estudiantes de primaria, revelan que esta metodología es capaz de modificar modelos mentales preestablecidos en contenidos científicos como la luz (Jasdilla, Fitria, & Sopandi, 2019). Por otra parte, también es posible acomodarla para abordar distintos contenidos para diferentes niveles educativos, hasta abarcar inclusive tareas piagetianas con los más pequeños (Hooper, 1969; White & Gunstone, 1992).

El diseño y confección de las herramientas que se utilicen para recoger la información de los estudiantes durante el desarrollo del POE, son de gran relevancia para el éxito de la proyección y resultados de la prueba. En este contexto, durante la realización de la prueba, debe tenerse en consideración muchas variables. Por ejemplo, en la etapa de predicción, es aconsejable presentar opciones de predicción entorno a la situación o demostración/tópico que se está abordando, ya que de lo contrario, los estudiantes realizarán preguntas que pueden comprometer la demostración y hacerla obvia. En términos evaluativos, el POE puede incentivar la calidad del razonamiento del alumnado, para ello, para dar ponderación a ciertos aspectos de la prueba, debe de seleccionarse situaciones en las cuales no se produzcan confusiones que generen juicios de valor con poca validez debido a la naturaleza de la demostración (p. ej. predicciones en el clima). Además, la demostración es mucho mejor que sea basada en una parte

experimental, sencilla, que despierte curiosidad, que sea relevante y ajustada a hechos reales (White & Gunstone, 1992).

En términos generales, la aplicación de esta estrategia trae consigo beneficios para el desarrollo del aprendizaje del estudiante y mejora en la asimilación de conocimiento, al hacerlo más duradero. En ese contexto, está ampliamente aceptado que también desarrolla paralelamente las habilidades de pensamiento de orden superior (Budiarti et al., 2017; Latifah et al., 2019; Widyastuti, Helsy, Farida, & Irwansyah, 2019), lo que tiene como consecuencia aportaciones importantes para formación integral en la competencia científica, además de ser una herramienta para entrenar las capacidades, habilidades y destrezas hacia la ciencia que son requeridas en pruebas internacionales como PISA y TIMSS.

Objetivos

4. OBJETIVOS

- 4.1 Preparar una herramienta de recogida de datos sobre la capacidad de predecir, observar y explicar fenómenos científicos, como parte de la competencia científica.
- 4.2 Implementar y optimizar dicha herramienta para su desarrollo en medios telemáticos no presenciales para estudiantes de Educación Secundaria Obligatoria (ESO).
- 4.3 Utilizar la estrategia POE (Predecir-Observar-Explicar) para conocer la capacidad de predecir y explicar un fenómeno científico en estudiantes de 4º de la ESO.
- 4.4 Conocer la capacidad de relacionar el contenido científico con las predicciones y explicaciones de fenómeno científicos.
- 4.5 Conocer si existen cambios entre la predicción y la explicación tras la observación de los experimentos.
- 4.6 Conocer si la capacidad de explicar un fenómeno científico tiene relación con saber predecirlo adecuadamente.
- 4.7 Conocer si el conocimiento previo de un fenómeno científico influye en su predicción

Método y procedimiento

5. MÉTODO Y PROCEDIMIENTO

El diseño de esta investigación se llevó a cabo en varias etapas. La primera parte consistió en la búsqueda de información, preparación y adaptación de las herramientas para la recolección de información del alumnado, la segunda, en la selección de demostraciones o experiencias que permitiesen realizar satisfactoriamente el POE y finalmente, la adaptación de la investigación a la situación escolar actual provocada por la declaración del estado de alerta sanitaria debido al COVID-19.

En diferentes estudios cuando se lleva a cabo esta estrategia se ha utilizado un cuestionario antes, y otro, después de la demostración (Karamustafaoglu & Mamlok-Naaman, 2015; Kusnadi et al., 2019; Rini et al., 2019) por lo que en este trabajo se tomó la decisión de seguir la misma dinámica pero adaptándola a la investigación que se propone y al contexto donde se va a poner en práctica. Por otro lado, las demostraciones seleccionadas se basan en experimentos sencillos realizados con materiales caseros, capaces de contemplar contenido curricular de los niveles educativos investigados, además de sugerir situaciones sencillas que resulten familiares para el conocimiento cotidiano del alumnado.

El procedimiento diseñado para la investigación, dirigido para el alumnado de 4º ESO, consistió en los siguientes pasos:

1. Presentación de la investigación y explicación de las instrucciones.
2. Descripción del “experimento 1”. El docente (investigador) indica el título del experimento, los materiales que se van a utilizar y el proceso que se va a realizar, y
3. Los estudiantes con la información dada en el apartado anterior deben **predecir** qué es lo que va a ocurrir en dicho experimento. Estas predicciones se recogen en un cuestionario preparado con diferentes opciones de respuesta. Así mismo, también se les pide que indiquen con que contenido científico lo relacionan y si son capaces de dar una explicación científica de lo sucedido.
4. A continuación, el investigador realiza el experimento y sin hacer ningún tipo de comentarios. Así los estudiantes pueden **observar** el experimento.
5. Finalmente, los estudiantes pueden **explicar** en el cuestionario lo que ha sucedido desde un punto de vista científico, para ello en el cuestionario se

indican diferentes opciones de respuesta. También se les pregunta si saben qué contenido científico se relaciona con lo que ha sucedido en dicho experimento.

6. Una vez terminado el ciclo se inicia de nuevo el procedimiento (desde el paso 2) con el “experimento 2”, repitiendo el proceso con todos los experimentos seleccionados.

Este procedimiento estaba diseñado para ser realizado de forma presencial en los centros educativos, pero dada la alerta sanitaria debido al COVID-19 se tomaron las siguientes medidas:

- Adaptación del procedimiento presencial a un procedimiento telemático. Para ello, se utilizó un formulario online en el que se emplearon recursos multimedia como el vídeo, para la realización de las demostraciones y explicaciones necesarias. Los vídeos fueron insertados en apartados específicos dentro del formulario, permitiendo de este modo, cumplimentarlo adecuadamente. En este sentido, la descripción y predicción del experimento se muestra en un vídeo inicial, y luego en otro, el experimento completo.
- Ampliar los niveles educativos a los que estaba dirigida la investigación ya que se desconocía el número de estudiantes que participarían y su implicación en el estudio.

5.1. Demostraciones / experimentos

Los experimentos que se llevaron a cabo con los estudiantes y el orden que se siguió para su realización fue el siguiente:

- 1º. Cuentagotas
- 2º. La llama
- 3º. El papel
- 4º. La taza

Los aspectos curriculares que se despliegan en cada experimento han sido tomados del decreto 83/2016, de 4 de julio, por el que se establece el currículo de la Educación Secundaria Obligatoria y el Bachillerato en la Comunidad Autónoma de

Canarias (BOC n.º 136, de 15 de julio) (Consejería de Educación y Universidades, 2016).

– *Cuentagotas*

Descripción y predicción

Los materiales que se emplean para este experimento son: una botella de plástico de al menos 1 L de capacidad, un gotero de vidrio y agua.

Inicialmente, se llena la botella completamente con agua (dejando un pequeño volumen libre para que al agregar el gotero y cerrar la botella no se derrame agua), y luego se introduce un cuenta gotas de vidrio (éste debe estar vacío, sin agua dentro), antes de cerrarla. El sistema quedará como se observa en la figura 5. A continuación se presiona la botella con una mano.



Figura 5. Experimento buzo de Descartes (buzo cartesiano)(elaboración propia). Consultar enlace: <http://youtube.com/watch?v=LgAcN9vMVIY>

Observación

Al presionar la botella con la mano con la fuerza suficiente, el gotero baja hasta el fondo de la botella. Al dejar de presionar la botella, el gotero vuelve a subir hasta la parte superior de esta (figura 6, vídeo del experimento completo).



Figura 6. Vídeo completo para el experimento cuentagotas. Consultar vídeo en: https://www.youtube.com/watch?v=lzLXs6EEN_Y

Principio

El cuentagotas se hunde debido a que al presionar la botella la presión ejercida a es transmitida por el agua a todos los puntos del recipiente de acuerdo con el principio de Pascal, ocasionando que la burbuja de aire dentro del cuentagotas se comprima y disminuya de volumen al aumentar la presión conforme con la ley de Boyle. Al inicio, el cuentagotas se encuentra flotando en el agua porque el peso del agua desplazada por la burbuja de aire es mayor que el peso del vidrio, de acuerdo con el principio de Arquímedes (Carrasquer, Ponz, Talavera, Carrasquer, & Álvarez, 2017; Guemez, 2007).

Aspectos curriculares

2º de la ESO: bloque de aprendizaje II: la materia. Criterio 4. Utilizar el modelo cinético-molecular y las leyes de los gases para explicar las propiedades de los gases, líquidos y sólidos.

4º de la ESO: bloque de aprendizaje IV: el movimiento y las fuerzas. Criterio 10. Contenido 5: comprensión y aplicación de los principios de Pascal y de Arquímedes.

1º de Bachillerato: bloque de aprendizaje II: aspectos cuantitativos de la Química. Criterio 3. Contenido 2: reconocimiento y utilización de las leyes de los gases. Aplicación de la ecuación de estado de los gases ideales y de las presiones parciales de Dalton para resolver ejercicios y problemas numéricos.

– *La llama*

Descripción y predicción

Los materiales que se emplean para este experimento son: una jarra de plástico de no más de 1L de capacidad, bicarbonato de sodio, vinagre, una vela, un vaso de vidrio o plástico y un encendedor o fósforo (figura 7). Al inicio, se agrega una cantidad de Bicarbonato de Sodio dentro de la jarra de plástico, y luego se añade unos mililitros de vinagre (dejar la jarra destapada). Al acabar la reacción (hasta terminar el burbujeo), se vierte lentamente el contenido de la jarra hacia el vaso vacío, teniendo cuidado de no trasvasar nada de líquido. Luego se vierte lentamente el contenido del vaso sobre la vela encendida.

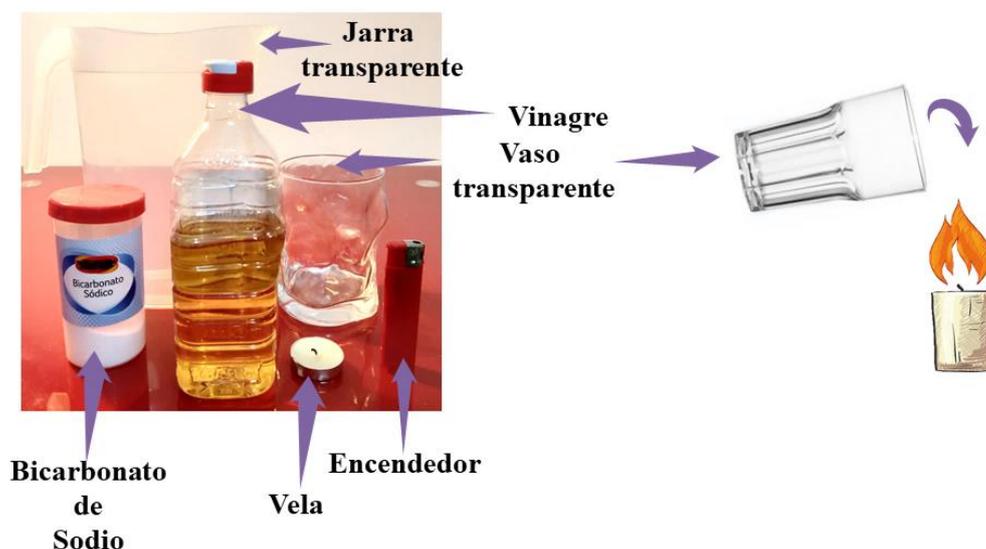


Figura 7. Materiales que se utilizan en el experimento la llama. El CO₂ contenido en el vaso apaga la llama de la vela (elaboración propia). (Consultar vídeo en: <https://www.youtube.com/watch?v=AeJk840kF-A>)

Observación

Al verter el contenido del vaso, la llama se apaga. Consultar enlace de la figura 8 para el vídeo completo.



Figura 8. Vídeo completo para el experimento la llama. Consultar vídeo en: <https://www.youtube.com/watch?v=pykmNGq97iA>

Principio

La reacción química que ocurre entre el vinagre (ácido acético) y Bicarbonato de Sodio produce dióxido de carbono gaseoso ($\text{CO}_2(\text{g})$). Durante la reacción en la jarra, el CO_2 no se escapa hacia los alrededores debido a que posee una densidad mayor que la del aire. Por esa misma razón es posible trasvasarlo desde la jarra al vaso. El verter el CO_2 contenido dentro del vaso sobre la llama, esta se apaga debido a que el CO_2 desplaza al oxígeno que necesita la parafina de la vela en la reacción de combustión que produce la llama (Harris, 2017; Herbert & Ruchlis, 1983).

Aspectos curriculares

2º de la ESO: bloque de aprendizaje II: la materia. Relacionar las variables de las que depende el estado de un gas a partir de representaciones gráficas o tablas de los resultados obtenidos en experiencias de laboratorio. Distinguir propiedades específicas que sirven para caracterizar las sustancias, como la densidad.

Bloque de aprendizaje: los cambios de la materia. Criterio 6. Contenidos: 1. Diferencias entre cambios físicos y químicos. 2. Identificación de reactivos y productos en reacciones químicas sencillas. 4. Realización de experiencias para la descripción y explicación de algunos cambios químicos.

3º de la ESO: bloque de aprendizaje III: los cambios en la materia. Criterio 6. Contenidos: 1. Identificación de cambios físicos y químicos que tienen lugar en el

entorno. 2. Interpretación de la reacción química e identificación de los reactivos y productos que intervienen.

4º de la ESO: bloque de aprendizaje III: los cambios en la materia. Criterio 6. Contenidos: 1. Diferenciar entre cambios físicos y cambios químicos. 2. Diferencias entre reactivos y productos en una reacción química.

Bloque de aprendizaje IV: el movimiento y las fuerzas. Criterio 10. Diseñar y presentar experiencias o dispositivos que ilustren el comportamiento de los fluidos. Criterio 7. Contenidos: 1. Identificación de reacciones de especial interés: síntesis, combustión y neutralización. 2. Diferencias entre reactivos y productos en una reacción química.

– *El papel*

Descripción y predicción

Los materiales que se emplean para este experimento son: un trozo de papel, una vela, fósforos o encendedor, agua (entre 1 y 2 mL). Al inicio, se colocan unos cuantos mililitros de agua dentro de una caja de papel. Posteriormente se pone sobre una vela encendida durante unos cuantos segundos (figura 9).

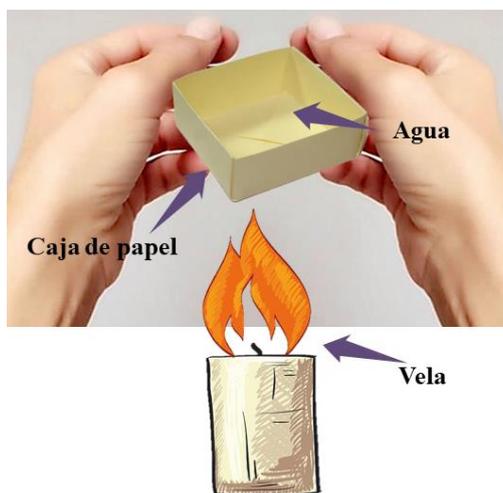


Figura 9. Posición de la caja de papel sobre la llama de la vela encendida (Elaboración propia). Consultar vídeo en: <https://www.youtube.com/watch?v=zxJRmzV2-2Q>

Observación

Al acercar la caja lentamente a la llama (sin que haya contacto directo con la mecha de la vela). La caja no arde.



Figura 10. Vídeo completo para el experimento el papel. Consultar vídeo en: <https://www.youtube.com/watch?v=Ys0w-ukCt-U>

Principio

El agua es una sustancia que tiene una alta capacidad calorífica, es decir, es necesario mucho calor para que aumente un grado de su temperatura al ser calentado. Esto hace que absorba el calor proveniente de la llama antes que el papel, y la temperatura de este último no aumente por encima de la temperatura del agua. El agua puede llegar a ebullición a 100 °C, actuando como barrera térmica para que el papel comience a arder (punto de ignición del papel: 232 °C) (Osorio G. & Gómez García, 2004).

Aspectos curriculares

2º de la ESO: bloque de aprendizaje II: la materia. Criterio 4. Contenido 5: Descripción e interpretación de gráficas de calentamiento para la identificación de los cambios de estado y la determinación de las temperaturas de fusión y ebullición. Criterio 11. Contenido 2: Reconocimiento de los distintos tipos de energía, de las transformaciones de unas formas en otras, de su disipación y de su conservación.

Bloque de aprendizaje V: la energía. Criterio 12. Contenidos: 1. Relación entre los conceptos de energía, energía térmica transferida ("calor") y temperatura. 6. Identificación de los distintos mecanismos de transferencia de energía: conducción, convección y radiación en diferentes situaciones cotidianas.

4º de la ESO: bloque de aprendizaje V: la energía. Criterio 12. Contenidos: 1. Interpretación mecánica del calor como proceso en el que se transfiere energía de un

cuerpo a otro debido a que sus temperaturas son diferentes. 3. Significado y determinación de calores específicos y calores latentes de algunas sustancias experimentalmente o por medio de simulaciones interactivas.

– *La taza*

Descripción y predicción

Los materiales que se emplean para este experimento son: un lápiz de tamaño normal, una taza, una cuchara de metal, una cuerda de 80 cm. aproximadamente. Se amarra la cuchara por un extremo de la cuerda y por el otro extremo la taza (en el aro de la taza). Luego, con los brazos extendidos, se coge el lápiz con una mano, y se coloca la taza colgando desde este manteniendo cogida con la otra mano la cuchara, como se observa en la figura 11. A continuación se suelta la cuchara.

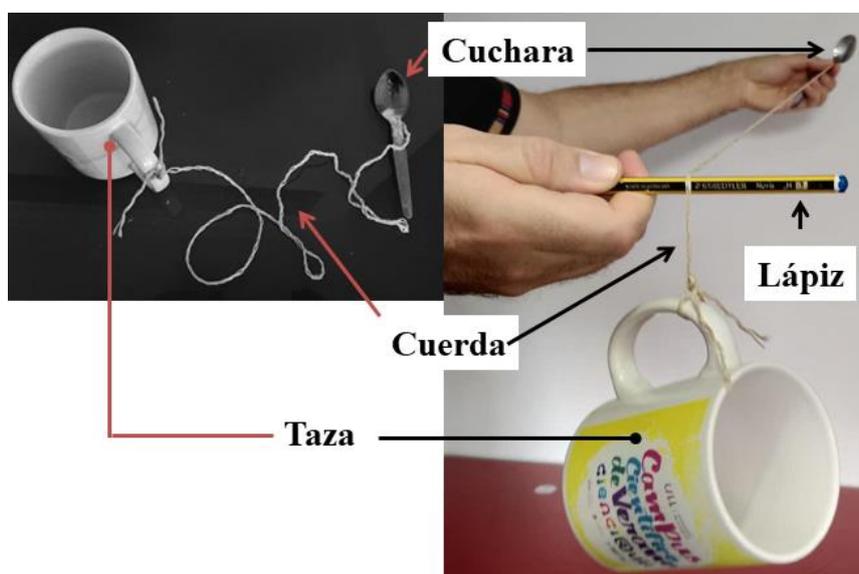


Figura 11. Materiales y montaje del experimento la taza (elaboración propia). Consultar vídeo en: https://www.youtube.com/watch?v=FXAvsyet_P8

Observación

Al soltar la cuchara, la taza comienza a caer, pero justo antes de hacerlo, la cuchara se enrolla alrededor de lápiz, evitándolo.



Figura 12. Vídeo completo para el experimento la taza. Consultar vídeo en: <https://www.youtube.com/watch?v=CkYhoBvRKGM>

Principio

Al soltar la cuchara, esta se comporta como un péndulo que tiene una longitud L grande y, por lo tanto, su movimiento es lento (T grande / el periodo T es igual a $2\pi\sqrt{L/g}$, T aumenta con la longitud). Sin embargo, la caída libre de la taza hacia el suelo, hace que L disminuya muy rápidamente (y T también), y la velocidad del péndulo aumente considerablemente, hasta el punto de que adquiere suficiente velocidad para enrollarse alrededor del lápiz y, tras dar unas pocas vueltas, la cuerda (y la taza) cese en su movimiento debido a la enorme fuerza de fricción entre el lápiz y la cuerda, la cual varía exponencialmente con el número de vueltas (Harris, 2017; Molina, 2008).

Aspectos curriculares

2º de la ESO: bloque de aprendizaje IV: el movimiento y las fuerzas. Criterio 8. Contenidos: 1. Identificación de fuerzas en el entorno y su relación con los efectos que producen.

Bloque de aprendizaje IV: el movimiento y las fuerzas. Criterio 10. Contenidos: 1. Identificación de fuerzas que aparecen en la naturaleza: eléctricas, magnéticas y gravitatorias. 3. Distinción entre masa y peso, y cálculo de la aceleración de la gravedad según la relación entre ambas magnitudes.

3º de la ESO: bloque de aprendizaje IV: el movimiento y las fuerzas. Criterio 8. Contenidos: 1. Análisis de papel de las fuerzas y de sus efectos. 2. Justificación de los efectos de la fuerza de rozamiento en la vida cotidiana.

4º de la ESO: bloque de aprendizaje IV: el movimiento y las fuerzas. Criterio 9. Razonar el motivo por el que las fuerzas gravitatorias producen en algunos casos movimientos de caída libre y en otros casos movimientos orbitales.

1º de Bachillerato: bloque de aprendizaje VI: cinemática. Criterio 8. Contenido 2.5: 2.5 Diseño y realización de experiencias en el laboratorio, o en simulaciones virtuales en el ordenador, (utilizando resortes, el péndulo simple, etc.) que pongan de manifiesto la realización y las características del movimiento armónico simple.

Bloque de aprendizaje VII: dinámica. Criterio 9. Contenido 10: diseño y realización experimental del movimiento de un péndulo. Determinación del valor de la gravedad.

5.2. Instrumentos de recogida de datos

Para la recolección de datos se empleó un cuestionario de elaboración propia empleando la aplicación de formularios de google drive (ver anexo 3). Dicho cuestionario fue revisado por varios profesores de secundaria.

Al inicio del cuestionario se presenta un enunciado sobre el consentimiento para cumplimentarlo, donde se expone que los datos obtenidos son para fines de investigación, su carácter anónimo y voluntario. Posteriormente, se solicita el nombre del centro, nivel educativo que se cursa, modalidad de estudios (p.ej. ciencias o letras), edad y sexo.

A continuación, se muestra un vídeo de presentación de la investigación (ver figura 13), donde se explica cómo se llenará el formulario y contextualiza la investigación dentro del Máster Universitario de profesorado de la Universidad de La Laguna.



Figura 13. Vídeo de presentación de la investigación. Consultar vídeo en: <https://www.youtube.com/watch?v=PQRzu6pGaEk>

Como se mencionó anteriormente, para el desarrollo de la investigación se empleó la estrategia de enseñanza POE, por lo que el diseño del cuestionario se divide para cada experimento en una parte de predicción, una de observación y otra de explicación. Antes de la parte de predicción se muestra un vídeo describiendo los materiales a utilizar en el experimento y describiendo lo que se va a hacer.

En el siguiente paso se pregunta al alumnado si ha visto el experimento con anterioridad (ya que puede ser una circunstancia que influya en los resultados), para darle inicio a la parte de predicción. En esta, se proponen distintas opciones de predicción a la demostración y una pregunta abierta de la posibilidad de explicar lo que pasará en el caso del experimento del cuentagotas y el papel. Luego en la parte de observar, se muestra al alumnado un vídeo donde se concluye el experimento.

En la parte de explicar, se presentan distintas opciones de respuesta para los experimentos cuentagotas y el papel, al contrario que con los experimentos la llama y la taza que se pide una explicación por medio de una pregunta abierta. La estructura del contenido del cuestionario puede visualizarse en la figura 13. Vale la pena aclarar de nuevo que la parte del cuestionario que consiste en la predicción y la explicación son los correspondientes a un pre-test y pos-test, respectivamente.

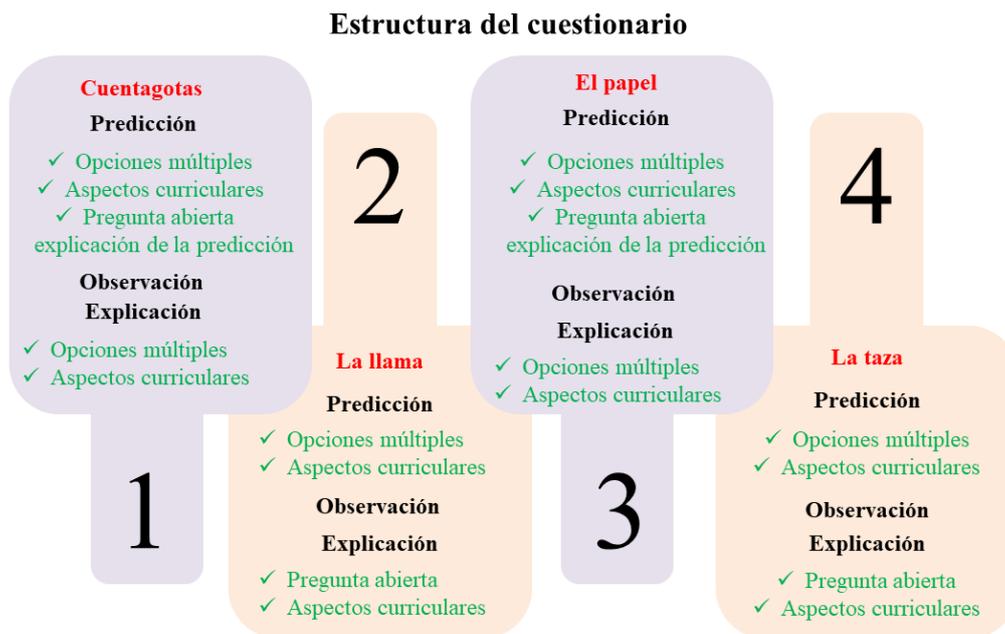


Figura 13. Estructura del cuestionario utilizado para la recolección de datos (elaboración propia).

Las preguntas abiertas en las respectivas partes del cuestionario permitirán obtener información valiosa del alumnado sobre sus ideas alternativas y nivel de relación entre los conocimientos escolares y cotidianos (Kibirige et al., 2014; Latifah et al., 2019; Rini et al., 2019). Durante toda la investigación se empleó el mismo cuestionario para recoger los datos en todos los niveles educativos estudiados.

Finalmente, hay una parte del cuestionario para recoger la opinión del alumnado sobre cuestiones generales sobre los experimentos y la estrategia utilizada. La aportación de distintas opciones en la parte de predicción favorece la puesta en situación para el alumnado y contextualización de la prueba (White & Gunstone, 1992). No obstante, también puede simplificarse a preguntar qué pasará en la demostración sin más (Kibirige et al., 2014). Por otra parte, distintas investigaciones muestran que la demostración o experimento puede ser llevada a cabo por el mismo alumnado y favorecer la autodetección de errores y obtención de conceptos (Ayvacı, 2013; Liew & Treagust, 1995).

Asimismo, agregar que la estrategia POE involucra la transformación cognitiva del conocimiento por medio del uso habilidades de pensamiento de segundo orden (*Higher-Order Thinking Skills, HOTS*) basadas en la Taxonomía de Bloom (Brookhart, 2010).

5.3. Contexto y muestra

La muestra del alumnado fue tomada de distintos Institutos de Enseñanza de Secundaria de la Isla de Tenerife. Los niveles educativos abordados en esta investigación fueron desde 2º de la ESO a 1º de Bachillerato. El cuestionario fue respondido por 354 estudiantes, distribuidos en los diferentes niveles como sigue: 92 de 2º de la ESO, 129 de 3º de la ESO, **107 de 4º de la ESO** y 26 de 1º de Bachillerato. La toma de muestra en los distintos centros se realizó vía telemática, con la colaboración del profesorado en formación de la especialidad de Física y Química y profesorado en activo. Para los fines de este estudio se presentan los resultados obtenidos de la muestra de estudiantes de 4º de la ESO. La muestra consistió en 66 mujeres y 41 hombres, dentro de los cuales 10 estudiantes son de la modalidad de letras y 97 de ciencias. Los estudiantes de esta muestra son de 8 centros de educación de secundaria obligatoria, de los cuales la mitad son centros públicos y la otra mitad centros concertados.

5.4. Indicaciones para el tratamiento de datos

Los datos obtenidos de los distintos niveles estudiados han sido analizados y tratados desde el enfoque de esta investigación de estudio de caso. Distintas variables han sido relacionadas para interpretar la problemática planteada en este trabajo.

Resultados

6. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

6.1. Predicción

Los resultados obtenidos en la fase de predicción se muestran en las tablas 1 y 2, y se representan en términos de frecuencias como en porcentajes.

La primera tabla hace referencia a los aciertos y fallos en la predicción de lo que va a suceder y los contenidos implicados, por cada de los experimentos, como en su conjunto, hay que tener en cuenta que para el cálculo del total se parte de una muestra de 107 estudiantes que responden a 4 experimentos cada uno de ellos, por lo que existe 428 respuestas.

Tabla 1
Valores de frecuencias y porcentajes en la fase de predicción

	Exp.1 Cuentagotas	Exp.2 La llama	Exp.3 El papel	Exp.4 La taza	Total experimentos*
f acierto predicción	66	49	64	44	223
f fallo predicción	41	58	43	63	205
% acierto predicción	61	46	60	41	52
% fallo predicción	39	54	40	59	48
f acierto contenido	18	56	40	64	178
f fallo contenido	89	51	67	43	250
% acierto contenido	17	52	37	60	42
% fallo contenido	83	48	63	40	58

**Estos datos están referidos a: 107 estudiantes x 4 experimentos = 428 respuestas*

Estos resultados revelan que dependiendo del experimento, el alumnado encuestado es capaz de predecir en menor o mayor medida y en su conjunto un término medio (52%). Para los experimentos 1 y 3 (el cuentagotas y el papel), el porcentaje alcanzado de este grupo de encuestados es del 61 % y 60 %, respectivamente. En contraste, los porcentajes en las predicciones correctas para los experimentos 2 y 4 (la llama y la taza) fueron menores, 46 % y 41 %, respectivamente.

Por otra parte, respecto a la ubicación curricular (contenido relacionado) en la fase de predicción, se puede observar que el Exp. 1 (cuentagotas) presenta el valor porcentual más bajo (17%) comparado con el resto de experimentos. En orden creciente le sigue el Exp.3 (el papel) con un 37 %, para continuar incrementando con el Exp. 2 (la llama) y Exp. 4 (la taza) con un 52 % y 60 %, respectivamente. Es posible evidenciar que en las demostraciones que se tuvo mayor porcentaje de predicción (cuentagotas el papel) se obtuvieron los menores resultados en cuanto a la determinación del contenido con el que se relacionan dichos experimentos.

En general, es evidente que al alumnado entrevistado presenta más dificultad en citar correctamente el contenido implicado (42%) en comparación con la predicción de lo que sucederá en los experimentos (52%).

En la tabla 2 se muestran los resultados en función de que se conociera con anterioridad o no los experimentos.

Tabla 2

Valores de frecuencia y porcentajes del alumnado relacionados con la capacidad de predecir correctamente y el conocimiento previo del experimento

	Exp.1 Cuentagotas	Exp.2 La llama	Exp.3 El papel	Exp.4 La taza	Total experimentos*
f no conocen el experimento	93	81	94	96	364
f si conocen el experimento	14	26	13	11	64
% no conocen el experimento	87	76	88	90	85
% si conocen el experimento	13	24	12	10	15
f no conocen y predicen correctamente	58	29	55	37	179
f si conocen y predicen correctamente	8	20	9	7	44
% no conocen y predicen correctamente	54	27	52	34	42
% si conocen y predicen correctamente	7	19	8	7	10

En relación a la influencia de haber visto o no el experimento con antelación, los datos indican que en su mayoría el alumnado no había observado los experimentos, siendo ligeramente el Exp. 4 (la taza) el menos observado (90 %). Dentro de este grupo de alumnado que no había visto antes el experimento se encuentran estudiantes que fueron capaces de predecir correctamente el fenómeno científico. Tal es el caso que para el Exp.1 y 3 (cuentagotas y el papel) se tienen los mayores porcentajes (54 % y 52 %, respectivamente), dentro de ese grupo de alumnado. Al contrario, los Exp. 2 y 3 (la llama y la taza) presentan valores porcentuales más bajos (27 % y 34 %, respectivamente). Esto deja de manifiesto que más de la mitad del alumnado que predijo correctamente los experimentos del cuentagotas y el papel no han visto el experimento antes, por lo que parece que no es un factor definitorio. Es decir, haber visto el experimento con anterioridad parece que no ayuda a la predicción de lo que va a suceder en el experimento.

Así mismo, dentro del grupo de estudiantes que ha podido predecir lo que pasará en el experimento (tabla 1, fila 2), se encuentran estudiantes que además han podido conectar dicha predicción a contenidos del currículum (tabla 3, fila 2 y 4). Se tiene por ejemplo que el Exp.1 (cuentagotas) presenta el menor número de estudiantes que relacionan su predicción con aspectos curriculares. Sin embargo, para los Exp. 3 y 4 (la llama y la taza) se tienen un 25 % y 30 %, respectivamente. Por su parte, para el Exp. 3 (el papel) solo un 22 % del alumnado ha podido predecir y ubicar los aspectos curriculares adecuadamente. Por otro lado, dentro los estudiantes que ubican el contenido, se encuentran algunos que no han podido predecir correctamente lo que ocurrirá en la demostración (tabla 3, fila 3 y 5), sumando en su totalidad un 19 % de todos los encuestados en este estudio. Esto refleja que saber conectar el contenido curricular no determina predecir correctamente el fenómeno científico en cuestión. Es decir, que el conocer o relacionar el contenido científico donde se contextualiza el experimento, no es determinante para mejorar la capacidad de predicción de este.

Tabla 3

Valores de frecuencia y porcentajes del alumnado relacionados con la capacidad de predecir correctamente con el conocimiento previo del experimento y ubicación curricular

	Exp.1 Cuentagotas	Exp.2 La llama	Exp.3 El papel	Exp.4 La taza	Total experimentos*
f acierto predicción y contenido	12	27	23	32	94
f fallo en predicción pero acierto en contenido	6	29	17	32	84
% acierto predicción y contenido	10	25	22	30	22
% fallo en predicción pero acierto en contenido	6	27	16	30	19
f no conocen y acierto en predicción y contenido	11	13	16	28	68
f si conocen y acierto en predicción y contenido	1	14	7	4	26
% no conocen y acierto en predicción y contenido	9	12	15	26	16
% si conocen y acierto en predicción y contenido	1	13	7	4	6

Al relacionar la capacidad de predecir y ubicar el contenido científico con conocer el experimento propuesto en la prueba, se tiene que dentro del grupo de estudiantes que conocían los experimentos, el Exp.1 (cuentagotas) presenta el menor valor porcentual comparado con el resto de experimentos. Contrariamente, el Exp.2 (la llama) presenta un valor de 13 %, seguido del Exp.3 y 4 (el papel y la taza). Es evidente que el alumnado que no ha visto previamente las demostraciones, presenta más aciertos en sus respectivas predicciones y contenidos científicos, siendo más notable para los Exp. 4, 3 y 1. De manera general, el porcentaje global de los estudiantes que no han visto el experimento pero predicen y ubican el contenido científico (16 %) es mayor

que los que si los han visto con anterioridad (6 %), lo que se traduce en que haber visto el experimento con anterioridad, no ayuda a predecir y ubicar el contenido científico de manera adecuada.

En esta fase, en los experimentos 1 y 3 (cuentagotas y el papel) se pidió al alumnado una explicación científica de la predicción.

Concretamente en el experimento del cuentagotas, los encuestados manifestaron que podían explicar lo que pasaría en el experimento. En el cuadro 1 muestran algunas explicaciones relevantes propuestas.

Cuadro 1

Explicaciones en la predicción para el experimento del cuentagotas

Estudiante 1	<i>Al hacer presión y aflojar, el agua entrará por el cuentagotas</i>
Estudiante 2	<i>Al hacer presión con la mano hace que el cuentagotas comience a bajar hasta la parte inferior y al no hacer presión sube y vuelve a su lugar</i>
Estudiante 3	<i>Al aplicar presión a un líquido en un recipiente, este va a: 1) ir en todas las direcciones (incluyendo la parte donde está el cuentagotas) 2) Cuanto más se apriete la botella más presión habrá en toda ella, por lo que el aire baja y por consiguiente, el cuentagotas</i>
Estudiante 4	<i>El cuentagotas se pudo llenar de agua y, a consecuencia de esto, hundirse, debido a que el agua con presión pudo penetrar en su interior, como no podía el agua sin esta. Al dejar de aplicar esa presión con la mano, el agua saldría de su interior y el cuentagotas volvería a la parte superior de la botella.</i>
Estudiante 5	<i>El gotero baja ya que se le aplica una fuerza a las paredes de la botella y según el principio de Pascal, una fuerza ejercida en las paredes de la botella será también ejercida en todas las paredes de sí misma y en el gotero.</i>
Estudiante 6	<i>Al ejercer presión con la mano hacia la botella, el agua de esta, cubrirá el espacio del cuenta gotas, y este hará que pierda flotabilidad y caiga, lo suficiente para quedarse a mitad de la botella, ya que haría falta más espacio del cuenta gotas para que pudiera caer, hasta el fondo de la botella.</i>
Estudiante 7	<i>Debido a la presión que ejercemos con la mano, el cuenta gotas se llenará de agua y cuando soltemos la botella, el agua ocupará el espacio arrebatado y el cuenta gotas bajará</i>
Estudiante 8	<i>Debido a la presión ejercida con la mano, el cuentagotas se llenará de agua y eso le hará tener un peso superior al que tenía antes, así que bajará lentamente dentro de la botella</i>
Estudiante 9	<i>La botella no está completamente llena. El aire que queda en ella ejerce presión sobre el objeto para que se quede arriba. Sin embargo, al apretarla se reduce el aire, de modo que el cuentagotas baja</i>
Estudiante 10	<i>Según mi predicción, la goma del cuentagotas no se llenará de agua lo que la permitirá seguir flotando</i>

Algunas de las predicciones indicadas hacen referencia al hecho de que el cuentagotas puede bajar y luego subir en función de la presión ejercida con la mano (estudiante 2), también otras explicaciones hacen hincapié a que el cuentagotas bajará debido a que al llenarse de agua en su interior aumenta de peso (estudiante 8).

Igualmente se puede apreciar explicaciones incompletas o confusas como la del estudiante 1 y estudiante 7. Hay otras que siguen la misma línea de la predicción seleccionada anteriormente, por lo que tratan de justificarla (estudiantes 9 y 10). La reducción del volumen del aire dentro del cuentagotas es ligeramente apuntada por las explicaciones de los estudiantes 3 y 9. Sin embargo, la idea que la presión ejercida sobre la botella afecta al gotero es redactada por los estudiantes 3, 4, 5, y 6; estos dos últimos además hacen referencia al concepto de flotabilidad y principio de Pascal respectivamente.

Por su parte, para el experimento del papel, los encuestados manifestaron que eran capaces de explicar lo que pasaría en el experimento. En el cuadro 2 se muestran las explicaciones más relevantes proporcionadas por ese grupo de estudiantes.

Las explicaciones hechas por el alumnado son diversas, y se basan en las diferentes concepciones o ideas que ellos tienen sobre este tipo de situaciones. Se observan explicaciones que afirman que la caja se quemará debido a que el papel reacciona con llama y el agua se evapora (estudiante 1) o que al quemarse el papel el agua cae sobre la llama apagándola (estudiante 2). Por otro lado, hay otras explicaciones que enfatizan que la caja no se quemará, basándose en diferentes conceptos como: la temperatura (estudiantes 4, 5 y 8), afirmando que el agua dentro de la caja regula la temperatura del papel; la humedad (estudiante 3); o la disminución de la conductividad del calor causada porque el agua moja la caja (estudiante 9). Bajo ese mismo orden de ideas, se encuentran otras explicaciones un poco más completas donde se especifica que el calor de la llama es transferido al agua dentro de la caja (estudiantes 6, 7 y 10).

Cuadro 2
Explicaciones en la fase de predicción para el experimento el papel

Estudiante 1	<i>La llama reacciona con el papel quemando este y haciendo que el agua se evapore.</i>
Estudiante 2	<i>El calor hace que el papel se queme y el agua se derrame y acabe apagando el fuego</i>
Estudiante 3	<i>Gracias a la humedad del agua el papel no se prende</i>

Estudiante 4	<i>La caja no se quema debido a que el agua regula su temperatura, evitando que se queme.</i>
Estudiante 5	<i>Es debido al cambio tan brusco de temperatura debido a que el agua esta fría y la llama caliente hacen una especie de barrera que impide que la caja se queme (más o menos)</i>
Estudiante 6	<i>La cajita de papel no se calentará debido a que el calor de la llama será transferido al agua, que al ser fría no recibirá daños y, por lo tanto, tampoco arderá, ya que para que eso pase tendría que estar sometida a una temperatura de ebullición de 100°</i>
Estudiante 7	<i>Pues lo mismo que pasa con los calderos (aunque el material sea muy diferente) el papel no acumula el calor necesario para arder sino que lo transmite al agua (aunque quiero saber cómo puso agua en un trozo de papel sin que se le rompiese)</i>
Estudiante 8	<i>La temperatura del agua impide que el fuego haga arder a la caja</i>
Estudiante 9	<i>Al estar mojada la caja de agua, la conductividad del calor es mucho menor, por lo que la caja no se quemará.</i>
Estudiante 10	<i>Creo que la llama transmitirá calor a la caja y hará calentar el agua pero no lo suficiente como para hacer arder el papel</i>

De manera general, es apreciable que la mayoría de los estudiantes tienen una cierta idea sobre el concepto de calor (aunque alguno lo asimila erróneamente a un fluido) y la influencia de la temperatura durante ese proceso.

En la tabla 4 se muestran algunos parámetros relacionados con la capacidad de proponer una explicación científica y haber predicho correctamente lo que pasaría en el experimento. En ambos experimentos (cuentagotas y el papel), el porcentaje del alumnado que no propuso explicación científica (76% y 81 % para los experimentos 1 y 3, respectivamente) es mucho mayor al que sí lo hizo (24 % y 19 % para los experimentos 1 y 3, respectivamente). Dentro de este grupo minoritario, se encuentran estudiantes que han podido predecir correctamente el experimento, tal es el caso que dichos experimentos 1 y 3 presentan valores de 15 % y 11 %, respectivamente. Es decir, más de la mitad del alumnado que propuso una explicación a la predicción, ha podido predecir exitosamente el fenómeno científico.

Tabla 4

Valores de frecuencia y porcentaje en función de la capacidad de explicar la predicción y haber elegido la opción correcta de predecir

	Exp.1 Cuentagotas	Exp.3 El papel	Total experimentos*
f explican la predicción	26	20	46
f no explican la predicción	81	87	168
% explican la predicción	24	19	21
% no explican la predicción	76	81	79
f explican y acierto en predicción	16	12	28
f no explican y acierto en predicción	50	52	102
% explican y acierto en predicción	15	11	13
% no explican y acierto en predicción	46	49	48

De manera similar, puede contrastarse que más de la mitad de los estudiantes que no propusieron una explicación científica a la predicción, son capaces de predecir lo que ocurrirá en ambos experimentos. Esto arroja como resultado que casi la mitad del alumnado (48 %), es capaz de predecir correctamente el experimento, pero no de explicarlo. De este modo, el no saber explicar la predicción, no impide predecir correctamente el fenómeno científico. (En la tabla 4 y 5 aparecen los dos experimentos (1 y 3) donde se pide explicación en la fase de predicción. En esta fase son sólo estos dos experimentos que tienen pregunta abierta, los otros dos (2 y 4) no la tienen sino en la fase de explicar y sin opciones de explicación).

Por otro lado, en la tabla 5 se puede observar una distribución que relaciona el poder predecir y ubicar los aspectos curriculares adecuadamente con la capacidad de dar una explicación científica a la predicción.

Tabla 5

Valores de frecuencia y porcentajes de estudiantes que explican, predicen y ubican correctamente y estudiantes que no proponen explicación pero predicen y ubican el contenido científico correctamente

	Exp.1 Cuentagotas	Exp.3 El papel	Total experimentos*
f explican y acierto en predicción y contenido	6	8	14
f no explican pero acierto en predicción y contenido	6	15	21
% explican y acierto en predicción y contenido	5	8	7
% no explican pero acierto en predicción y contenido	5	14	10

De los estudiantes que proponen una explicación a la predicción, apenas la cuarta parte predice y ubica los aspectos curriculares adecuadamente, para el caso del Exp.1 (cuentagotas) (6 de 26). Para el Exp. 3 (el papel) casi la tercera parte de ese grupo predijo y ubicó correctamente (8 de 20). De forma similar se puede observar que dentro del grupo de estudiantes que no propusieron una explicación, se encuentran algunos capaces de predecir y ubicar los contenidos correctamente. Tal es el caso que el Exp.3 (el papel) posee un valor dos veces mayor que el del Exp.1 (cuentagotas). La estrecha diferencia de un 3 % entre el alumnado que propone explicación y el alumnado que no, sugiere que saber explicar la predicción no determina poder predecir y ubicar el contenido científico correctamente.

A continuación, se comentan los aspectos relevantes sobre las opciones de predicción y ubicación de contenido curricular, que el alumnado ha seleccionado, por cada uno de los experimentos.

– *Cuentagotas*

En la figura 10 se muestran las diferentes opciones de predicción seleccionadas por el alumnado.

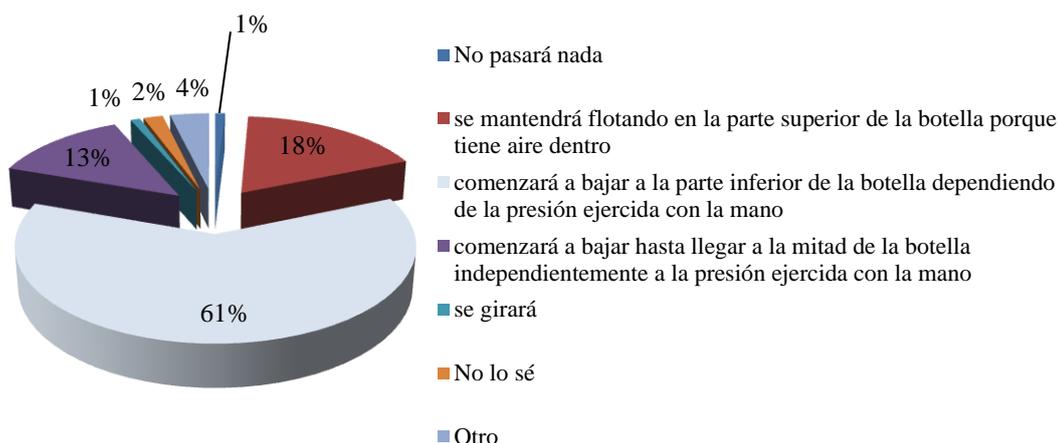


Figura 10. Resultados de las opciones seleccionadas por el alumnado para las predicción en el experimento el cuentagotas.

A parte de que más de la mitad del alumnado predijo correctamente lo que pasaría en la demostración, hay estudiantes que sugieren que el cuentagotas permanecerá flotando porque tiene aire dentro (18 %) y que este puede moverse a lo largo de la botella independiente de la presión (13 %).

Un gran porcentaje de estudiantes (62 %) relacionó de manera equivocada lo que pasaría en el experimento con aspectos curriculares (fuerza y densidad).

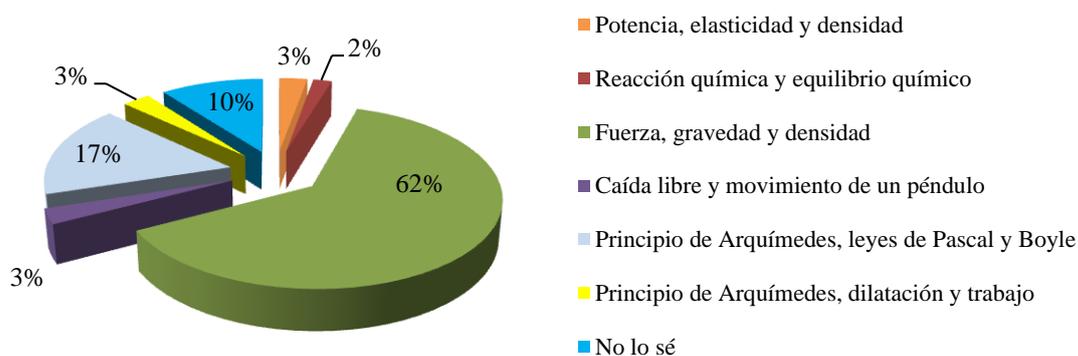


Figura 11. Resultados de las opciones seleccionadas por el alumnado para los contenidos en la fase de predicción en el experimento el cuentagotas.

– *La llama*

La figura 12 puede observarse que un 46% de los estudiantes predijo correctamente que la llama de la vela se apagaría. Algunos estudiantes eligieron la

opción de que la vela aumentaría de tamaño y luego volvería a su tamaño inicial (22%), el resto de elecciones se distribuyen en menores porcentajes para las distintas opciones.

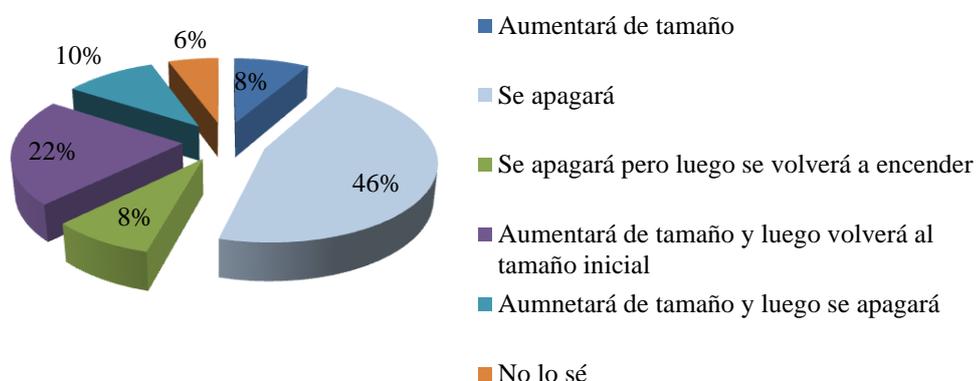


Figura 12. Resultados de las opciones seleccionadas por el alumnado para la predicción en el experimento la llama.

En la figura 13 puede observarse la selección de contenidos curriculares que el alumno propuso. El 52 % seleccionó la opción correcta, dejando con porcentajes mucho más bajos al resto de alternativas.

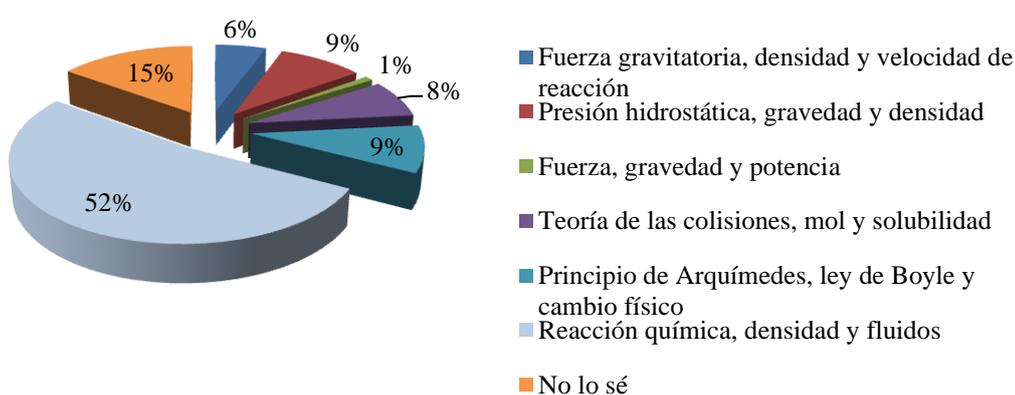


Figura 13. Resultados de las opciones seleccionadas por el alumnado para los contenidos en la fase de predicción del experimento la llama.

– *El papel*

La figura 14 muestra que el 60 % de los estudiantes seleccionaron la opción correcta de predicción: la caja de papel no arde. Le sigue la opción: que la caja comience a arder pero luego se apague por acción del agua (22 %).

En cuanto a los aspectos curriculares presentados en las opciones de predecir (figura 15), se tiene que la opción de “calor, conducción y transferencia de energía” representa el 37 % de las selecciones del alumnado, seguidamente y muy cercano a ese valor se encuentra la opción de “temperatura, soluto y reacción química”, con un 32 %.

El resto de opciones se encuentran por debajo de esos valores.

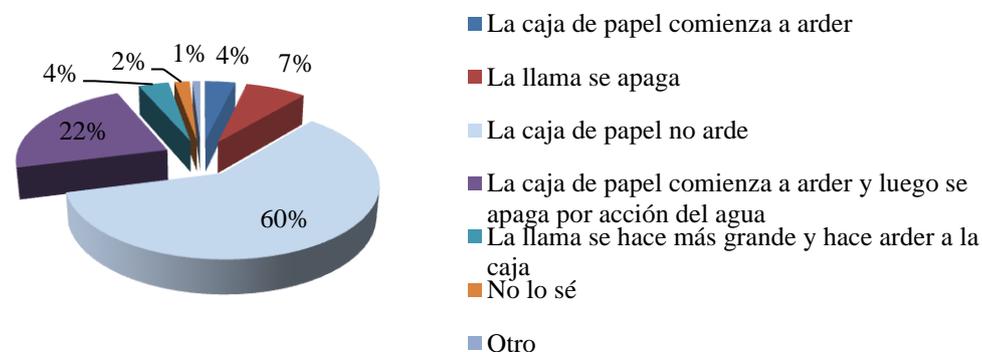


Figura 14. Resultados de las opciones seleccionadas por el alumnado para la predicción en el experimento el papel.

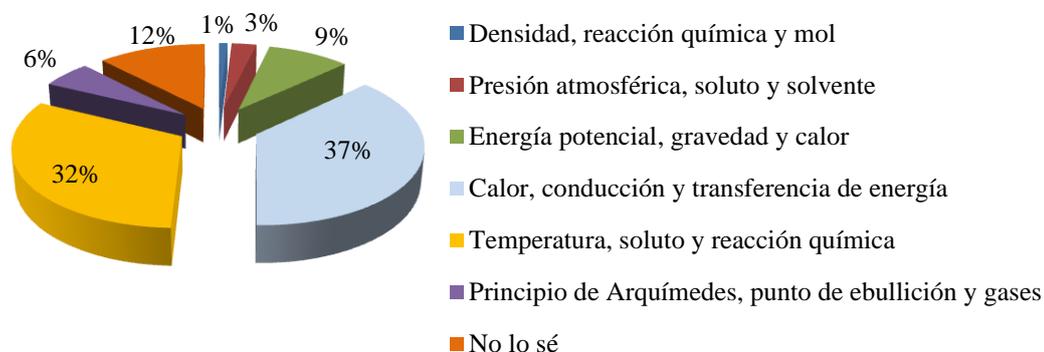


Figura 15. Resultados de las opciones seleccionadas por el alumnado para los contenidos en la fase de predicción en el experimento el papel.

– *La taza*

El 41 % del alumnado predijo correctamente lo que pasaría en la demostración (figura 16). Por otra parte, con doce puntos porcentuales menos, la opción más seleccionada fue: la cuchara se detendrá en lápiz y la taza no chocará (29 %).

En la figura 17 se presenta las opciones seleccionadas por el alumnado para la ubicación de los aspectos curriculares en la predicción del experimento. Un 60 % de los estudiantes fueron capaces de relacionar el contenido del currículum adecuadamente.

En contraste, como se mencionó antes, el experimento de la taza fue donde la mayoría de estudiantes ubicó el contenido científico satisfactoriamente (tabla 1).

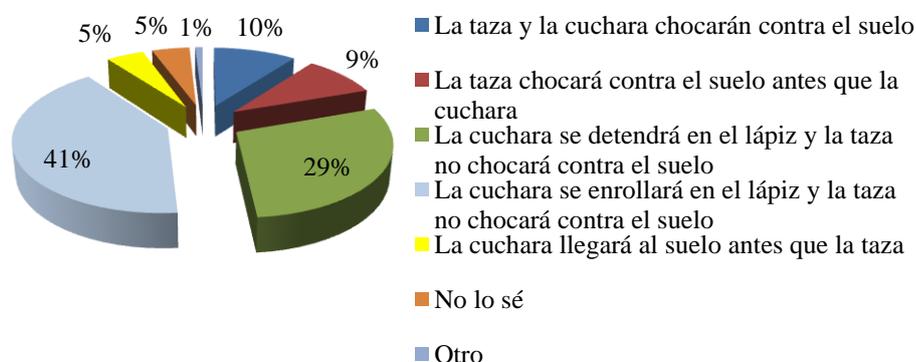


Figura 16. Resultados de las opciones seleccionadas por el alumnado para la predicción en el experimento la taza.

Además, en esta demostración fue donde se obtuvo el mayor porcentaje de alumnado que predijo y ubicó los aspectos curriculares adecuadamente (tabla 3).

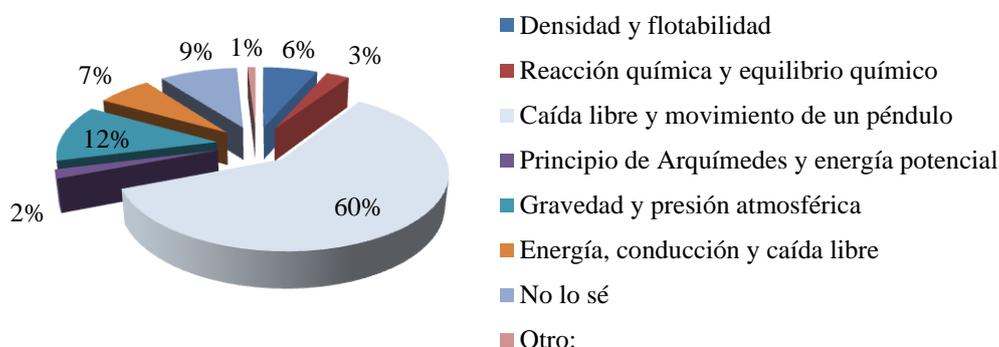


Figura 17. Resultados de las opciones seleccionadas por el alumnado para los contenidos en la fase de predicción del experimento la taza.

Desde una perspectiva global, en la fase de predicción en Exp. 1 (cuentagotas) y Exp. 3 (el papel) presentan los mayores porcentaje de aciertos en la predicción pero los menores en los aciertos de contenido científico. De forma similar, el Exp.1 presentó el menor valor porcentual con respecto a los estudiantes que predicen y ubican el contenido científico correctamente, en contraste el Exp. 4 (la taza) ha sido el que presentó el mayor (tabla 3) de manera global y dentro de los estudiantes que no lo conocían.

6.2. Explicar

En la tabla 6, se muestran los valores de frecuencia y porcentaje después de la observación del experimento para los aciertos en el contenido así como el recuento de las explicaciones del alumnado, tomando en cuenta los criterios que se detallan a continuación.

En la parte de explicación para los experimentos 2 y 4 (la llama y la taza) se indican los porcentajes de acierto de acuerdo a la valoración de las respuestas de los estudiantes a la pregunta abierta de explicación del fenómeno científico.

Para dicho fin, se categorizó las respuestas del alumnado de tres maneras: correcta, incompleta e incorrecta. A cada una de estas se le asignó la valoración de 1, 0,5 y 0, respectivamente.

Con respecto para el Exp.2 (la llama), la respuesta denominada como completa, debe mencionar al menos 3 parámetros: i) la reacción química que ocurre entre los reactivos, ii) la producción de un gas (CO_2), iii) la reacción de combustión de la llama, iv) la manera en que el CO_2 apaga la vela v) la densidad del dióxido de carbono. La respuesta denominada como incompleta deberá mencionar al menos dos de los cuatro ítems anteriores. La respuesta incorrecta no hace mención a ninguna.

De manera similar, para el Exp.4 (la taza), la respuesta denominada como completa deberá contemplar al menos 3 de estos cuatro parámetros: i) efecto de la gravedad, ii) aumento de la velocidad del péndulo (lápiz), iii) masa de los cuerpos, iv) fuerza de fricción. La respuesta incompleta deberá mencionar al menos dos de los cuatro ítems anteriores. La respuesta incorrecta no hace mención a ninguna de las anteriores.

En la tabla 6 se recogen los valores de frecuencia y porcentaje para los aciertos en el contenido así como el recuento de las explicaciones del alumnado tomando en cuenta los criterios antes señalados.

El experimento 1 (cuentagotas) presentó un porcentaje bajo de aciertos en las opciones de explicación a comparación con el de Exp.3 (el papel). Sin embargo, ambos porcentajes son mayores que aquellos obtenidos por la tipología de respuesta abierta de explicación (Exp.2 y 4). De acuerdo a los criterios indicados anteriormente, se tiene que para los Exp.2 y 4 (la llama y la taza) mayoritariamente se obtuvieron respuestas incompletas e incorrectas (tabla 7).

En cuanto a la conexión con el contenido científico puede observarse que para el Exp. 4 (la taza) se alcanzó el valor más alto, seguido en orden decreciente por el Exp.2 (la llama), el Exp.3 (el papel) y el Exp.1 (cuentagotas). En este sentido, es evidente que el alumnado propuso más número de explicaciones científicas para el Exp.2 (la llama) que para el Exp.4 (la taza).

Tabla 6

Valores de frecuencia y porcentaje para los aciertos en la explicación y contenido científico

	Exp.1 Cuentagotas	Exp.2 La llama	Exp.3 El papel	Exp.4 La taza	Total experimentos
f acierto en explicación	19	4	46	1	70
f acierto en contenido (explicación)	18	61	59	80	218
% acierto en explicación	18	4	43	1	16
% acierto en contenido (explicación)	17	57	55	75	51
f explican experimento	-	33	-	18	51
f no explican experimento	-	74	-	89	164
% explican experimento	-	31	-	17	24
% no explican experimento	-	69	-	83	76

Bajo esa misma línea, se tiene que casi la mitad del alumnado (51 %) fue capaz de ubicar correctamente el contenido científico, sin embargo, el acierto global en

explicaciones correctas relativamente bajo (16 %). Es además destacable la influencia que tiene la tipología de la pregunta empleada (abierta o con opciones de explicación) para las explicaciones y el nivel de acierto. En consecuencia, las preguntas abiertas no favorecen la explicación del fenómeno científico. Esto podría deberse a que las preguntas abiertas suponen una actividad de mayor complejidad que las preguntas con opciones.

Tabla 7

Frecuencias de las valoraciones de respuesta de la fase de explicación para los experimentos 2 y 4

	Exp.2 La llama	Exp.4 La taza	Total experimentos
f correcta	4	1	5
f Incompleta	15	7	22
f incorrecta	14	10	11
% correcta	4	1	2
% incompleta	14	7	10
% incorrecta	13	9	11

Los experimentos 2 y 4 (llama y la taza) requerían que el alumnado diera una breve explicación tras haber visto el experimento completo. A continuación se detallan las diferentes explicaciones obtenidas.

Tras la observación del experimento completo, en el Exp.2 (la llama), el 31 % de los estudiantes dijo que podía proporcionar una explicación científicamente. Algunas de las explicaciones más relevantes se muestran en el cuadro 3.

Cuadro 3

Explicaciones para el experimento la llama tras su realización

Estudiante 1	<i>La llama ha sido sofocada por el elemento ya que este le ha quitado el oxígeno</i>
Estudiante 2	<i>Supongo que el bicarbonato hace que la llama se quede sin oxígeno y se apaga</i>
Estudiante 3	<i>Que ha sufrido como una especie de reacción y se apagó</i>
Estudiante 4	<i>Debido a que era un líquido pero transformado en gas se apagó</i>
Estudiante 5	<i>La reacción de bicarbonato y vinagre no tiene oxígeno como producto, por lo que la llama se apaga</i>
Estudiante 6	<i>Cuando se mezcla bicarbonato con vinagre se produce un gas llamado dióxido de carbono. Y al entrar en contacto con la llama esta mezcla apaga la llama debido a la falta de aire</i>
Estudiante 7	<i>La reacción química produce CO₂ y eso hace q por así decirlo se come a</i>

	<i>él oxígeno y apaga el fuego</i>
Estudiante 8	<i>En la reacción química entre el bicarbonato de sodio y el vinagre se libera CO₂. Este es el contenido que se ha vertido en el vaso y luego sobre la llama. Para que se de una reacción de combustión es necesario el oxígeno, por lo que si se vierte CO₂ sobre una llama, esta se apagará.</i>
Estudiante 9	<i>El CO₂ de la mezcla impide que llegue oxígeno a la llama, por lo cual se apaga.</i>
Estudiante 10	<i>Que la reacción química que se produce al unir los dos elementos crea un gas que apaga la vela al quitarle el oxígeno necesario para que haya fuego</i>
Estudiante 11	<i>La reacción emite CO₂, entonces la llama se apagará porque las concentraciones de este gas opacan las de oxígeno</i>

Se pueden observar explicaciones que reflejan que hay alumnos que no han identificado que ha ocurrido una reacción química o ni siquiera hacen mención (estudiantes 1 y 2, respectivamente). Contrariamente, hay otras explicaciones que sugieren una transformación del líquido que produce a su vez un gas (estudiante 4) o, que simplemente la llama se apagó a causa de una reacción química (estudiante 3). Luego existe el caso que algunos estudiantes saben que ha habido una reacción química y se ha producido un gas que apaga la llama, pero no mencionan qué gas es el formado (estudiantes 5 y 6).

Por otro lado, la producción de CO₂ en la reacción es mencionada en muchas de las explicaciones, sin embargo no incluyen en su totalidad la manera en que dicho gas apaga la llama. De manera general, parece ser que el alumnado tiene el conocimiento que la llama necesita aire (oxígeno) para permanecer encendida, se tiene por ejemplo explicaciones que se apoyan en: i) que la llama se apaga porque el dióxido de carbono ocasiona una falta de aire (estudiante 6), ii) que el CO₂ se come el oxígeno (estudiante 7) que necesita la vela, iii) que dicho gas impide que llegue oxígeno de nuevo a llama (estudiante 9), iv) que el CO₂ quita y opaca el oxígeno necesario a llama para que haya fuego (estudiantes 10 y 11, respectivamente). No obstante, hubo explicaciones parecidas a la del estudiante 8 que proponen de manera muy completa una explicación global de lo que ha pasado en el experimento, puesto que se menciona que tipo de reacción ocurre en la llama (combustión), también menciona que lo que se trasvasa entre recipientes hasta llegar a la llama es un gas llamado dióxido de carbono, formado en la reacción entre el vinagre y el bicarbonato, y, además, apaga la llama porque la reacción de combustión necesita oxígeno. A pesar de ser una explicación bastante completa, no menciona como el CO₂ actúa sobre el oxígeno. Vale la pena resaltar que

aunque en la mayoría de explicaciones se menciona que un gas o que el dióxido de carbono es el que apaga la llama, no se encuentra ningún comentario sobre la acción de trasvasar dicho gas de la jarra al vaso y de éste hacia la llama. En este sentido, se puede observar que aunque un 52% del alumnado haya elegido en la parte de predicción el contenido de reacción química, densidad y fluido como correcta, en las explicaciones no mencionan el concepto de densidad para justificar que el CO₂ no se escape de la jarra y el vaso, así como el desplazamiento del oxígeno para detener la reacción de combustión de la llama.

Con respecto al experimento 4 (la taza), una vez realizada la demostración, el 17 % de los estudiantes propuso posibles explicaciones a lo ocurrido. En el cuadro 4 se presenta algunas de las explicaciones más relevantes. En muchas de las explicaciones se hace mención a la diferencia entre el peso de la taza y la cuchara como principal razón para que esta última se enrede en el lápiz (estudiantes 5, 7 y 8).

Cuadro 4

Explicaciones para el experimento la taza tras su realización

Estudiante 1	<i>La taza acorta la longitud de cuerda de la cuchara progresivamente por lo que los giros de la cuchara son más rápidos y es capaz de enrollarse en el lápiz</i>
Estudiante 2	<i>Debido a que la cuerda está tensa y la altura a la que está la cuchara con respecto al lápiz, la cuchara realiza un movimiento de péndulo, enrollándose así al lápiz.</i>
Estudiante 3	<i>La longitud entre la cuchara y el lápiz es suficiente como para que coja velocidad y siga el movimiento pendulo sobre el eje (el lápiz) hasta quedar atascada</i>
Estudiante 4	<i>Al soltar la cuchara y tener un punto donde pararse se enrolla ya que la fuerza de la taza es mayor</i>
Estudiante 5	<i>la cuchara al pesar menos que la taza cuando la sueltas sale disparada y como en lápiz la freno acaba enrollándose en el</i>
Estudiante 6	<i>No sé explicarlo científicamente pero es por efectos gravitatorios</i>
Estudiante 7	<i>Lo que pasa es que como sueltas la cuchara los dos caen pero como la cuchara es más ligera es rápida y por ello se enreda en el lápiz antes que la taza choque contra el suelo</i>
Estudiante 8	<i>La cuchara se ha enrollada en el lápiz debido a que al soltarla ha sido atraída hacia la taza (ya que esta tenía una mayor masa) y se ha chocado con una superficie circular (el lápiz) que la ha hecho girar hasta que el hilo se acertó demasiado.</i>
Estudiante 9	<i>La taza tiene mayor masa por lo que recibe una fuerza gravitatoria mayor que la cuchara tirando de tal, y esta al ser desviada bruscamente coge inercia y se enreda con la cuerda provocando que la taza no caiga</i>

Estudiante 10	<i>Al soltar la cuchara, por gravedad esta baja pero también sigue el movimiento de un péndulo respecto al lápiz. Comienza a girar en torno a él con el apoyo de la fuerza centrífuga y se enreda antes de que la taza caiga.</i>
---------------	---

Por otra parte, otras explicaciones hacen hincapié en la influencia de la gravedad (estudiantes 6, 9 y 10) como causante que la cuchara se enrede en el lápiz. Se pueden observar otro tipo de explicaciones que toman en cuenta la longitud de la cuerda (estudiantes 1, 2 y 3), o el uso del lápiz como punto de apoyo (estudiante 4). Finalmente, se encuentran explicaciones donde el alumnado usa dos o más conceptos para explicar dicho fenómeno (estudiantes 8, 9 y 10). En general, el alumnado tiene la idea que la masa y la influencia de la gravedad son conceptos primordiales para explicar esta situación experimental, sin embargo no pudo encontrarse explicaciones donde se relacionaran estos con la disminución de la longitud de la cuerda (a excepción del estudiante 8).

A continuación se presentan algunas graficas que señalan detalladamente las selecciones hechas por el alumnado en cuanto a las opciones de explicación, así como de contenido curricular.

– *Cuentagotas*

En la figura 18 se muestran las distintas opciones de respuesta para la explicación del experimento seleccionadas por el alumnado.

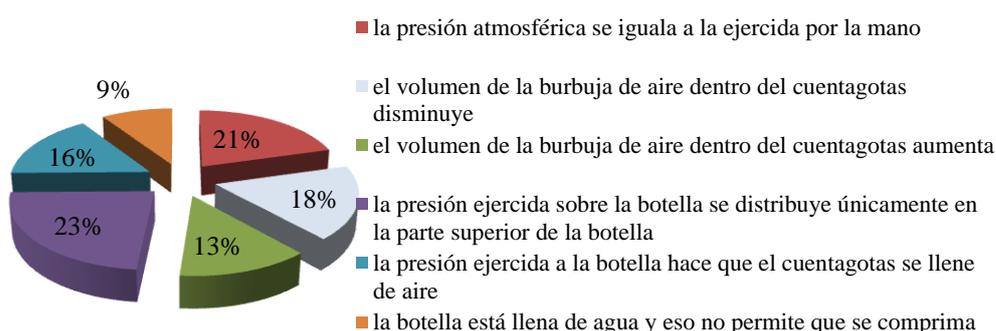


Figura 18. Resultados de las opciones seleccionadas por el alumnado para las explicaciones del experimento el cuentagotas, tras su realización completa.

La distribución de las diferentes opciones no se inclina de manera predominante en ninguna particular, sin embargo es notable cómo ligeramente el alumnado cree que la presión ejercida en la botella solo afectará la parte superior de esta, sin tener en cuenta el agua dentro, y también restringir lo que pasa en el experimento a la actuación de la presión atmosférica, dejando de lado que el cuentagotas flota y se hunde en función de la presión ejercida a la botella.

En la figura 19 se presentan las diferentes opciones de contenido que el alumnado eligió tras observar el experimento completo. La mayoría de estudiantes eligió el contenido: Fuerza, Gravedad y Densidad, dejando en segundo lugar al contenido correcto, con apenas un 17 %. Dicha confusión entre contenidos puede ser debido a las características de la demostración empleada, puesto que se utilizaba un recipiente lleno de agua al que se le ejercía presión y el cuentagotas se movía. Sin embargo se dejó de lado que el cuentagotas estaba vacío y se llenaba de agua, idea que predomina al momento de elegir la opción de explicación (figura 18).

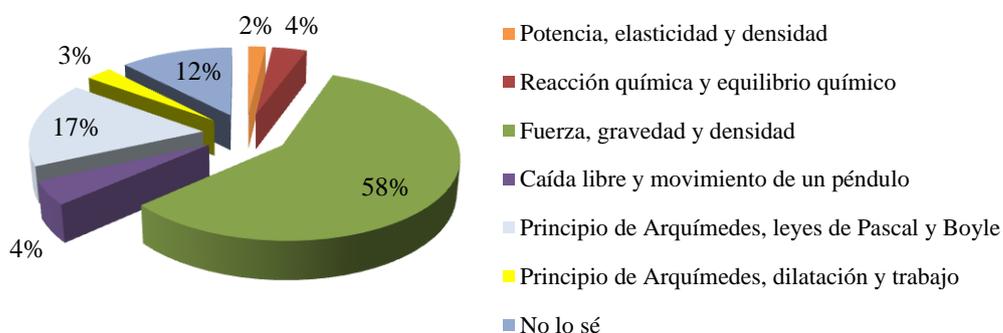


Figura 19. Resultados de las opciones seleccionadas por el alumnado para los contenidos en la fase de explicar para el experimento el cuentagotas.

– *La llama*

La figura 20 se puede observar que después de la realización del experimento, el alumnado eligió mayoritariamente el contenido correcto.

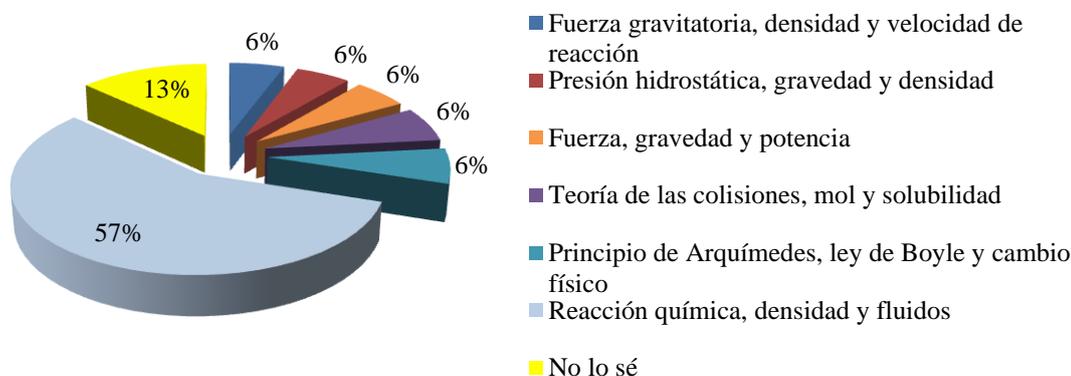


Figura 20. Resultados de las opciones seleccionadas por el alumnado para los contenidos en la fase de explicar del experimento la llama.

Es importante señalar, que a excepción de las opciones: “no lo sé” y, la proporcionada como correcta, el resto de elecciones del alumnado se distribuye homogéneamente en un 6 %. Vale la pena señalar que para este experimento al igual que el Exp.4 (la taza), no se propusieron opciones de explicación para el alumnado.

– *El papel*

En la figura 21 se muestran las opciones de explicación seleccionadas por el alumnado tras la observación del experimento completo. La explicación correcta es la que fue mayoritariamente escogida (43 %), seguida por la opción: “el papel esta mojado y no es capaz de arder” con un 30 %. Esta última consideración, que la caja no se quema porque esta mojada, ya se percibía antes en las explicaciones a la predicción del alumnado (cuadro 2). En ese sentido, esa idea se mantiene y se ve reflejada nuevamente en esta opción de explicación de la figura 21.

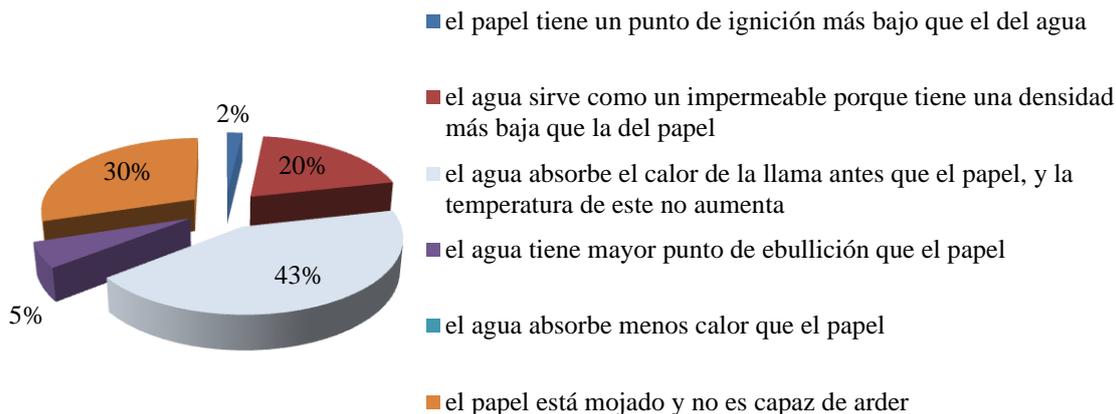


Figura 21. Resultados de las opciones seleccionadas por el alumnado para las explicaciones del experimento el papel, tras su realización completa.

La figura 22 muestra los aspectos curriculares seleccionados por el alumnado tras la observación del experimento el papel. El 55 % del alumnado eligió el contenido correcto de: calor, conducción y transferencia de energía. En contraste, un poco menos de la mitad de escogió la opción de: temperatura, soluto y reacción química.

Particularmente, la opción de presión atmosférica, soluto y solvente no fue seleccionada por ningún estudiante después de observar el experimento completo.

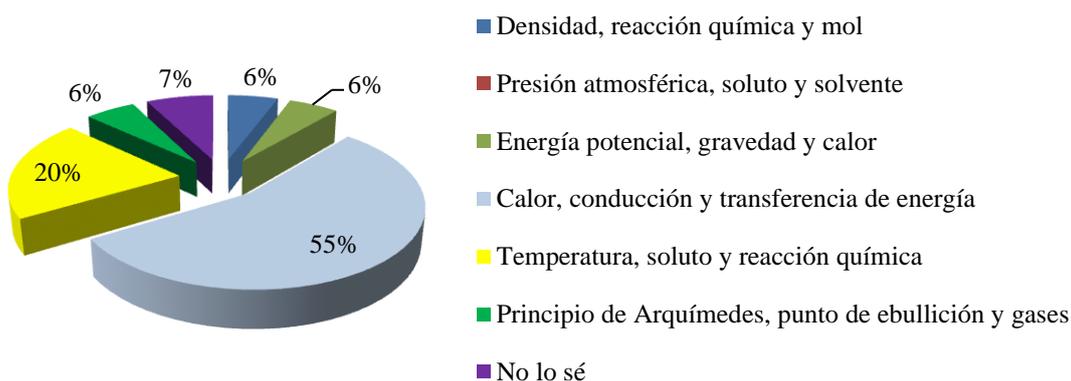


Figura 22. Resultados de las opciones seleccionadas por el alumnado para los contenidos en la fase de explicar para el experimento el papel.

– *La taza*

En la figura 23 se muestran las opciones de contenido curricular que el alumnado seleccionó tras haber visto el experimento completo. El contenido de: caída libre y movimiento de un péndulo fue elegido por la mayoría de los encuestados. Por su parte, en un 25 % de estudiantes seleccionó el resto de opciones.

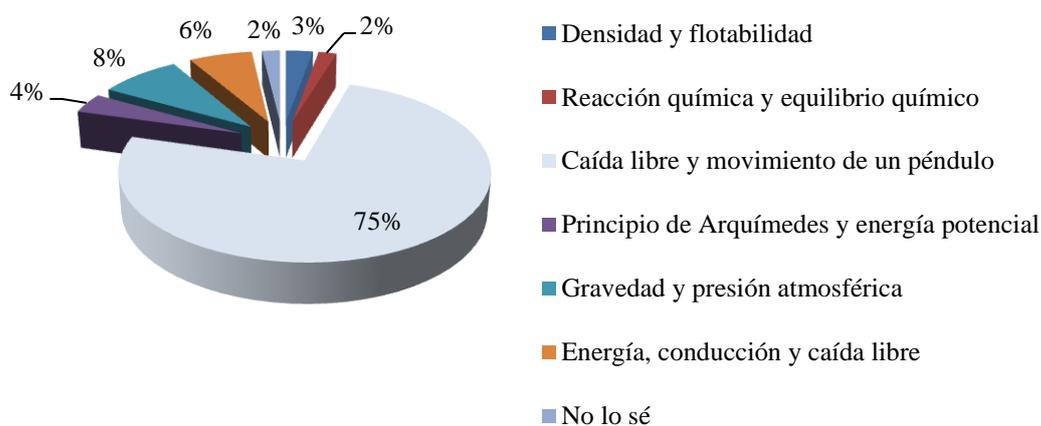


Figura 23. Resultados de las opciones seleccionadas por el alumnado para los contenidos en la fase de explicar del experimento la taza.

6.3. Antes y después de la observación

La observación del experimento ha representado una etapa trascendental para la reconsideración y el análisis de las hipótesis iniciales del alumnado de cara a la explicación del experimento. La tabla 8 recoge datos que pretenden dar una visión global de los cambios ocurridos tras la observación del experimento.

Tabla 8

Datos porcentuales obtenidos de las secciones predecir y explicar

	Exp.1 Cuentagotas	Exp.2 La llama	Exp.3 El papel	Exp.4 La taza	Total experimentos
f acierto contenido (predicción)	18	56	40	64	178
f acierto contenido (explicación)	18	61	59	80	218
% acierto contenido (predicción)	17	52	37	60	42
% acierto en contenido (explicación)	17	57	55	75	51
f acierto contenido en predicción pero fallo en explicación	6	14	9	5	34
f acierto contenido en explicación pero fallo en la predicción	6	19	28	19	72
% acierto contenido en predicción pero fallo en explicación	6	13	8	5	8
% acierto contenido en explicación pero fallo en la predicción	6	18	26	18	17

En general, queda de manifiesto que tras la observación del experimento ha habido un incremento de un 9 % para los aciertos del contenido científico. La mitad del alumnado ha podido relacionar el contenido científico correcto después de la fase de observación del experimento completo.

Concretamente se puede evidenciar un incremento del 5, 18, y 15 % para el acierto de contenidos después de la observación del experimento, en los experimentos 2,3 y 4 (la llama, el papel y la taza, respectivamente). El Exp.1 (cuentagotas) mantiene el mismo porcentaje en la elección del contenido en la fase de predicción y explicación.

El bajo porcentaje de acierto para el experimento cuentagotas es consecuencia a que la mayoría del alumnado seleccionó el contenido de “Fuerza, gravedad y densidad”. Tal es el caso que en la fase de predicción obtuvo un 62% (figura 11) y posteriormente en la fase de explicación un 58 % (figura 19).

Por otro lado, el incremento evidenciado en el experimento del papel es debido a mayoritariamente, el alumnado cambio de la opción “temperatura, soluto y reacción química” a la correcta: “calor, conducción y transferencia de energía”.

De manera general, la selección de contenidos en la fase de predecir se mantuvo después de la observación, así lo reflejan los datos obtenidos de los estudiantes que ubicaron correctamente el contenido en la predicción pero en la explicación eligieron otro contenido. En este sentido, el Exp.4 (la taza) es el que sufrió menos cambios con un valor del 5 %, seguido del Exp.1 (cuentagotas) (6 %) y el Exp.3 (el papel) (8 %). Sin embargo, en el Exp.2 (la llama) se tuvo que un 13 % de estudiantes (dentro del 52 %), cambió de selección en el aspecto curricular en la fase de explicar.

De forma similar, existe un grupo de estudiantes que relacionó correctamente el contenido que define al fenómeno científico en la parte de explicar, pero previamente en la fase de predecir habían escogido otro (tabla 8, fila 9). Este cambio de selección es notable para el Exp.3 (el papel), cuyo valor alcanza un 26 %.

De manera global, se tiene que un 17 % de los estudiantes que eligieron correctamente el contenido científico en la fase de explicar, habían propuesto otro en la fase de predecir. Esto refleja que la observación del experimento tiene una gran influencia en la conexión con el contenido científico adecuado.

6.4. Valoración de los estudiantes

Tras la observación de todos los experimentos, al final del cuestionario se propusieron una serie de preguntas en forma de escala de tipología Likert, para conocer la opinión del alumnado con respecto a la prueba y a los experimentos, En la figura 24 se muestra la gráfica que recoge los datos sobre qué tan interesante les ha parecido la actividad, representando el valor de 1 la menor consideración y el 5 la mayor. En su mayoría, al alumnado le ha resultado bastante interesante la prueba, ya que la mayoría (frecuencia de 4 y 5) han marcado la opciones de 4 y 5, sólo a 23 (valor 1: 3, valor 2: 5, valor 3: 15) estudiantes no les ha interesado tanto.

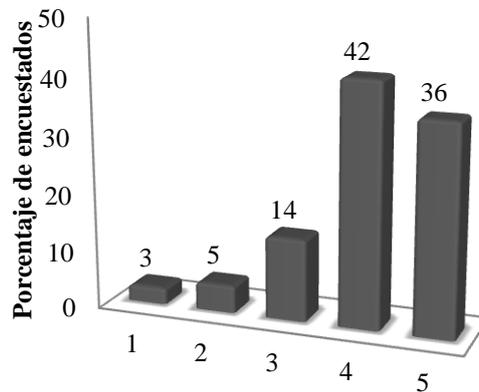


Figura 24. Valoración de la actividad por parte del alumnado.

En relación a los experimentos, todos han sido valorado positivamente. Los resultados se muestran en la figura 25.

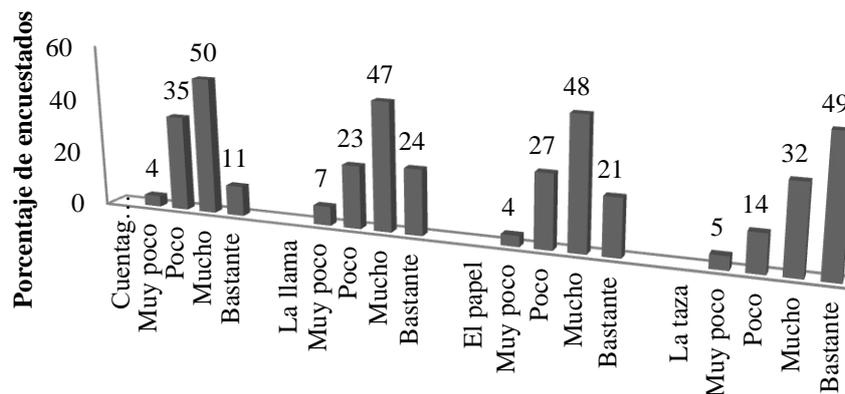


Figura 25. Valoración de la preferencia respecto a las demostraciones realizadas.

En esta pregunta, la valoración para la dificultad se distribuye en cuatro opciones, siendo la opción “muy poco” la más baja, y la opción “bastante” la más alta. El experimento 4 (la taza) fue uno de los experimentos que más gusto al alumnado encuestado, presentando un valor de 49 % en la opción de “bastante”, que comparado con los experimentos del papel y la llama supone el doble de preferencia, y cinco veces más preferido que el experimento 1 (cuentagotas). En la opción “mucho”, los experimentos presentan valores muy similares, sin embargo, el experimento del cuentagotas es el que presenta mayor porcentaje (35 %) en la opción de “poco”.

En cuanto a la dificultad de los experimentos, la figura 26 muestra los valores obtenidos de las respuestas del alumnado.

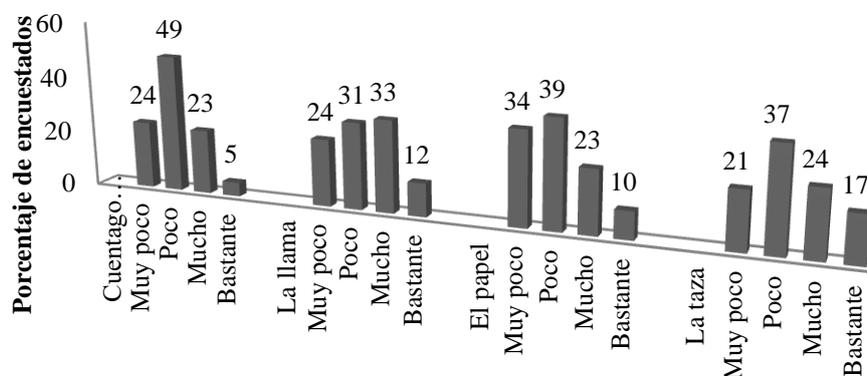


Figura 26. Valoración de la dificultad de las diferentes demostraciones realizadas.

En su mayoría, los experimentos resultaron fáciles de entender para el alumnado, puesto que las opciones de “muy poco” y “poco” presentan los valores porcentuales más altos comparados con el resto, excepto el experimento 2 (la llama) donde la opción “mucho” es ligeramente mayor que las antes mencionadas. El experimento 4 (la taza) presenta ligeramente un valor mayor en la opción “bastante”, comparada con el resto de demostraciones.

Es notable cómo dicho experimento junto al Exp.2 (la llama) representan más dificultad para su comprensión y al mismo tiempo son los preferidos por el alumnado (figura 25). De este modo, los experimentos que resultaron menos difíciles para el alumnado son el Exp.1 (cuentagotas) y el Exp.3 (el papel), seguido del Exp.4 (la taza) y Exp.2 (la llama). Es bastante destacable, que en los experimentos percibidos como más fáciles por el alumnado, se tuvo menos capacidad para explicarlos científicamente. En consecuencia a esta pregunta, se quiso saber por qué algunos experimentos les resultaban difíciles de entender. Algunas de las razones que el alumnado expresó, se muestran en el cuadro 5.

Cuadro 5

Justificaciones del alumnado acerca de la dificultad percibida de los diferentes experimentos

Estudiante 1	<i>Porque no me esperaba lo que iba a pasar</i>
Estudiante 2	<i>Porque nunca los había visto</i>
Estudiante 3	<i>La verdad, en general, ninguno me resultó demasiado difícil, pero, en todo caso, creo que sería porque me falta contenido por aprender.</i>
Estudiante 4	<i>Hay muchos términos que no conozco aún, y puedo imaginarme lo que sucederá pero no sé dar una explicación</i>
Estudiante 5	<i>porque no había visto nada parecido</i>
Estudiante 6	<i>Porque pienso que alguno son imposibles como el de la taza</i>
Estudiante 7	<i>Porque son cosas que no ves día a día</i>
Estudiante 8	<i>porque para mí todo es magia</i>
Estudiante 9	<i>Porque me faltan conocimientos.</i>
Estudiante 10	<i>Porque son conceptos físicos que no llegué a entender.</i>

Las respuestas del alumnado son diversas, y muchas de ellas se basan en el desconocimiento (estudiantes 3 y 9) de contenido. Los estudiantes 2 y 5 justifican la dificultad para entender algunos experimentos a que nunca habían visto nada parecido a lo que ocurría en las demostraciones, a pesar de que en su mayoría, las predicciones acertadas son del alumnado que nunca había visto antes estos experimentos. Otro tipo de estudiantes manifiestan que podrían llegar a relacionar e imaginarse lo que sucederá en el experimento, pero dar una explicación les resulta más complejo (estudiante 4).

De nuevo es evidente, que la falta del conocimiento conceptual y procedimental sobre las temáticas tratadas en las demostraciones hace pensar al alumnado que lo que ocurre es “magia” (estudiante 8), o cosas inesperadas e imposibles (estudiantes 1 y 6) que no tienen conexión con fenómenos cotidianos (estudiante 7). Sobre la actividad y su contenido en general ha resultado entretenido para el alumnado, puesto que el valor de 4 fue elegido mayoritariamente.

Finalmente, se le consultó a los encuestados, cuál era el grado de importancia que le daban por separado a predecir, observar y explicar un fenómeno. Es bastante visible que los valores de 4 y 5 fueron los más seleccionados por el alumnado, sin embargo, el alumnado otorga un mayor grado de importancia a la explicación, luego a la observación y finalmente a la predicción (figura 27).

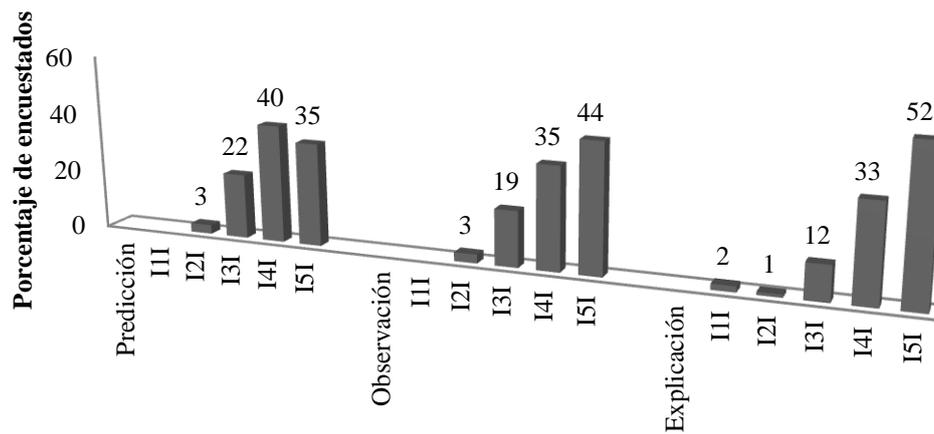


Figura 27. Valoración del alumnado sobre el grado de importancia de la predicción, observación y explicación de un fenómeno científico.

Por último, el 66 % de los encuestados manifiestan no haber hecho ninguna actividad parecida a la que se hace en este estudio, y el 71 % le gustaría que se emplearan este tipo de actividades para aprender ciencia.

Conclusiones

7. CONCLUSIONES

- La recogida de datos sobre la capacidad de predecir y explicar fenómenos científicos enmarcados dentro de la competencia científica se llevó a cabo con una herramienta diseñada y preparada en este trabajo de investigación.
- A causa de la alerta sanitaria debido al COVID-19, la implementación de la herramienta de recogida de datos se adaptó a medios telemáticos no presenciales para estudiantes de Educación Secundaria Obligatoria (ESO).
- La utilización de la estrategia POE (Predecir-Observar-Explicar) reveló información acerca de la capacidad de predecir y explicar fenómenos científicos en estudiantes de Educación Secundaria Obligatoria entrevistados.
- Conocer o haber visto un experimento científico con anterioridad por parte de los encuestados no mejora la predicción de lo que va a suceder.
- En el grupo de alumnado que logra relacionar el contenido científico vinculado con el experimento, se encuentran de manera equitativa estudiantes capaces de predecir adecuadamente, y estudiantes que no lo logran. Esto parece indicar que el saber relacionar el contenido científico del experimento en cuestión, no determina la capacidad de predecirlo adecuadamente.
- En el grupo de alumnado que sabe predecir y relacionar el contenido científico, hay algunos que han visto el experimento antes, y otros que no lo conocen. Éstos últimos presentan mayor valor porcentual que los primeros, lo que puede sugerir que conocer el experimento con anterioridad no ayuda a predecirlo correctamente ni a relacionarlo con el contenido científico correcto.
- En la fase de predicción se encuentra un gran porcentaje de estudiantes capaz de predecir el experimento, pero no de explicarlo (48 %). Por lo que parece que no tener la capacidad para explicar el experimento no impide predecirlo adecuadamente.
- Algunos de los estudiantes que saben relacionar el contenido científico y predicen adecuadamente, no proponen explicación en la fase de predicción. Así mismo, el grupo que si lo hace no es mayor en porcentaje que el antes indicado. En consecuencia, el proponer una explicación científica en la fase de predicción, no mejora la capacidad de predecir y conectar con el contenido científico correcto.

- En cuanto a la herramienta de recogida de datos. Se tiene que en la fase de explicación, la tipología de pregunta realizada influye de manera importante en el porcentaje alcanzado para cada experimento. Concretamente, se observó que en los experimentos 2 y 4 donde se utilizaron preguntas abiertas para la explicación, presentan valores más bajos de aciertos que los experimentos 1 y 3 donde se propusieron opciones de respuesta. Por lo que las preguntas abiertas en la fase de explicación, no favorecen la explicación científica del experimento. Por el contrario, las preguntas con opciones restringe las posibilidades de respuesta y ayuda a delimitar ideas erróneas y fuera de contexto.
- El porcentaje de acierto en la relación del contenido científico en la fase de explicación, es mayor (9 % de diferencia) que los aciertos de contenido en la fase de predicción, lo que puede indicar que la fase de observación influye a la hora de relacionar el contenido científico correcto.
- En general, esta investigación ha resultado interesante para el alumnado del estudio. Es evidente que la percepción del alumnado en cuanto a la dificultad de los experimentos es contraria a la planteada por las directrices de la investigación, así por ejemplo el Exp.4 (la taza) es uno de los que más gusta y que al alumnado le parece poco difícil, cuando en el inicio de esta investigación se proponía como el experimento con mayor dificultad.
- Los experimentos utilizados en este estudio pueden abordarse desde el currículum de 4º de la ESO, excepto el Exp. 4 (la taza), cuyo contenido (movimiento del péndulo) se ubica en 1º de Bachillerato. A pesar de esto, fue en este experimento donde se obtuvieron los mayores porcentajes de acierto en la selección del contenido científico, tanto en las fases de predecir y explicar, por lo que se abren interrogantes para ser abordados en investigaciones futuras.
- Los datos recogidos en las diferentes fases de esta investigación sugieren que el alumnado de este estudio le supone mayor dificultad explicar un fenómeno científico que predecirlo o relacionarlo con el contenido científico que lo explica, lo cual en cierto modo puede resultar lógico ya que se trata de una actividad de mayor complejidad.
- Ha sido posible conocer y evidenciar problemas y carencias relacionadas con la competencia y alfabetización científica en alumnos de 4º de la ESO, por lo que este tipo de investigación propone una manera de abordarlas al emplearse en

forma de actividad, para de esta manera fortalecer el desarrollo competencial del alumnado hacia el aprendizaje de la ciencia.

Limitaciones

- La adaptación de la herramienta de recogida de datos a medios telemáticos no permite controlar el tiempo empleado por el alumnado para completar el formulario lo que puede traer como desventaja que durante la actividad se realicen búsquedas en la web a cerca de los experimentos usados en la investigación y por tanto los datos sean menos fiables.
- El empleo de la tipología de pregunta abierta presente solo en la fase de explicación y no en la de predicción, hace imposible comparar la capacidad de explicar un fenómeno científico antes y después de observarlo.
- La muestra de estudio es limitada a 107 estudiantes por lo que las conclusiones se deben limitar al grupo estudiado.

Implicaciones didácticas

Los resultados obtenidos en este estudio además de proporcionar información sobre la capacidad de predecir y explicar un fenómeno científico, permiten visualizar dificultades en ciertas dimensiones de la competencia científica. En este sentido, el esquema de esta investigación puede emplearse como actividad de enseñanza en el aula para analizar y argumentar sobre cuestiones científicas. La elaboración de una argumentación científica debe enseñarse y practicarse en el aula, ya que es de vital importancia para elaborar explicaciones coherentes y con valor.

Además, la propuesta de contenidos científicos en las fases de predicción y explicación puede ayudar a conocer las ideas alternativas y preconcebidas que posee el alumnado sobre contenido visto en clase, lo que representa una gran utilidad para conocer el conocimiento previo antes de comenzar a desarrollar un contenido nuevo en el aula. Por otro lado, esta investigación ha ofrecido la oportunidad de que el alumnado utilice habilidades de pensamiento de orden superior de cara a su aprendizaje en ciencias, y de esta manera ser parte activa de su propia formación.

Propuesta de mejora

La actividad enmarcada dentro de esta investigación resultó muy interesante para el alumnado encuestado, sin embargo, en la sección del formulario donde estos valoran la actividad, manifestaron que hubiesen querido saber por parte de los investigadores cuales eran los contenidos y principios científicos involucrados en cada experimento. Por lo que, se propone una incorporar un vídeo final donde se explique cada experimento y sus bases científicas.

Con respecto al diseño de la herramienta de recogida de datos, se tiene que no fue posible conocer la capacidad de explicar un fenómeno científico en la fase de predicción, por lo que agregar una pregunta abierta en esa fase (sin opciones de respuesta a la predicción), sería una propuesta de mejora para establecer un comparativo de la explicación científica, antes y después de la demostración.

Futuras investigaciones

Esta investigación ha marcado el punto de partida para proponer futuros estudios:

- Conocer los aspectos que determinan la elaboración de una buena argumentación científica, y la necesidad de agregar este tipo de formación al currículum de la ESO y bachillerato.
- Utilizar la herramienta POE (Predecir-Observar-Explicar) para conocer las ideas alternativas sobre contenidos específicos que representen mayor dificultad al alumnado de la ESO y bachillerato.
- Proponer actividades de enseñanza de alto contenido didáctico que promuevan el empleo de habilidades de orden superior como analizar, comprender y crear.
- Promover actividades de enseñanza enmarcadas dentro de la alfabetización científica que ayuden a leer, escribir y hablar correctamente de ciencia, de cara a la realización de pruebas internacionales de ciencia como PISA o TIMSS.

Referencias bibliográficas

8. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Ametller, J., Caamaño, A., Caña, P., Couso, D., Gallástegui, J. R., Jiménez-Aleixandre, M. P., Sanmartí, N. (2011). *Didáctica de la física y la química*. Barcelona: Editorial GRAÓ, de IRIF, S.L. Ministerio de Educación, Secretaría General Técnica.
- Anderson, L. W., Krathwohl, D. R., & Bloom, B. S. (2001). *A taxonomy for learning, teaching, and assessing: a revision of Bloom's taxonomy of educational objectives*. Recuperado de <https://books.google.es/books?id=JPkXAQAAMAAJ>
- Arillo Aranda, M. A., Martín del Pozo, R., & Martín Puig, P. (2015). *Talleres para enseñar Química en Primaria*. Universidad Complutense de Madrid.
- Ariyanto, R. O., Mardiyana, & Siswanto. (2020). Characteristics of mathematics high order thinking skill problems levels. *Journal of Physics: Conference Series*, 1470, 12012. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1470/1/012012>
- Ayvacı, H. Ş. (2013). Investigating the effectiveness of predict-observe-explain strategy on teaching photoelectricity topic. *Journal of Baltic Science Education*, Vol. 12, p. Continuous. Recuperado de <http://oaji.net/articles/2015/987-1425810146.pdf>
- Benarroch Benarroch, A. (2011). Diseño y desarrollo del máster en profesorado de educación secundaria durante su primer año de implantación. *Revista Eureka sobre enseñanza y divulgación de las ciencias.*, 8(1), 20-40. https://doi.org/10.25267/rev_eureka_ensen_divulg_cienc.2011.v8.i1.03
- Berek, F. X., Sutopo, S., & Munzil, M. (2016). Enhancement of Junior High School Students' Concept Comprehension in Hydrostatic Pressure and Archimedes Law Concepts by Predict-observe-explain Strategy. *Jurnal Pendidikan IPA Indonesia*, 5(2), 230-238. <https://doi.org/10.15294/jpii.v5i2.6038>
- Bilen, K., ÖZEL, M., & KÖSE, S. (2016). Using action research based on the predict-observe-explain strategy for teaching enzymes. *Turkish Journal of Education*, 5, 72. <https://doi.org/10.19128/turje.70576>
- Bishop, K., & Denley, P. (2007). *Learning Science Teaching*. Berkshire: McGraw-Hill Education.
- Bloom, B. S. (1956). *Taxonomy of educational objectives: the classification of educational goals*. Recuperado de <https://books.google.es/books?id=VhScAAAAMAAJ>
- Brookhart, S. (2010). *How to assess higher-order thinking skills in your classroom*. Virginia: ASCD.
- Budiarti, I. S., Suparmi, A., Sarwanto, & Harjana. (2017). Analyzes of students' higher-order thinking skills of heat and temperature concept. *Journal of Physics: Conference Series*, 909, 12055. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/909/1/012055>
- Buendía Eisman, L., Colás Bravo, M. P., & Henández Pina, F. (1998). Conceptualización del proceso de la investigación educativa. En C. Casado Lumbreras (Ed.), *Métodos de investigación en psicopedagogía* (p. 3). Madrid:

McGraw-Hill.

- Cabrera Montoya, B., Cabrera Rodríguez, L., Pérez Sánchez, C., & Zamora Fortuny, B. (2011). La desigualdad legítima de la escuela justa. *Revista de la Asociación de Sociología de la Educación (RASE)*, 4(3), 304-332. <https://doi.org/10.7203/RASE.4.3.8731>
- Cañal, P. (2011). Competencia científica y competencia profesional en la enseñanza de las ciencias. En A. Caamaño, N. Sanmartín, P. Cañal, M. P. J. Aleixandre, D. Couso, R. Pintó, A. De Pro (Eds.), *Didáctica de la Física y la Química* (pp. 35-52). Recuperado de <https://books.google.es/books?id=xBEbAgAAQBAJ>
- Cañal, P. (2012a). ¿Cómo evaluar la competencia científica? *Revista Investigación en la Escuela*, 78, 5-17.
- Cañal, P. (2012b). Idea clave 11. La evaluación de la competencia científica requiere nuevas formas de evaluar los aprendizajes. En E. P. Rodríguez, A. C. Ros, P. C. de León, & A. de Pro Bueno (Eds.), *11 Ideas Clave. El desarrollo de la competencia científica* (pp. 241-267). Recuperado de <https://books.google.es/books?id=iXHdm7DF3hoC>
- Carrascosa Alís, J., Domenech, J. L., Martínez Torregrosa, J., Osuna García, L., & Verdú Carbonell, R. (2016). *Curso básico de didáctica de las ciencias. Enseñanza. Profesorado de ciencias en formación y en activo*. Valencia.
- Carrascosa Alís, J., Martínez Torregrosa, J., Furió Más, C., & Guisasola Aranzábal, J. (2008). ¿Qué hacer en la formación inicial del profesorado de ciencias de secundaria? *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 5(2), 118-133.
- Carrasquer, J., Ponz, A., Talavera, M., Carrasquer, B., & Álvarez, M. V. (2017). El uso didáctico del diablo cartesiano en la formación inicial de maestros. *Didáctica de las Ciencias Experimentales y Sociales*, 0 (31), 185-209. <https://doi.org/10.7203/dces.31.5157>
- Consejería de Educación y Universidades. (2016). *Decreto 83/2016, de 4 de julio, por el que se establece el currículo de la Educación Secundaria Obligatoria y el Bachillerato en la Comunidad Autónoma de Canarias* (pp. 17317-17423). España: Consejería de Educación y Universidades de Canarias.
- Estebanz García, A. (2012). Formación del profesorado de educación secundaria. *Tendencias Pedagógicas*, 19, 149-174.
- Gil, D., & Vilches, A. (2001). Una alfabetización científica para el siglo XXI: Obstáculos y propuestas de actuación. *Revista Investigación en la Escuela*, 47, 27-37.
- Gil Pérez, D., Carrascosa Alís, J., Furió Más, C., & Martínez Torregrosa, J. (1991). *La enseñanza de las ciencias en la educación secundaria*. Barcelona: ICE de la Universidad de Barcelona.
- Guemez, J. (2007). Buzo de Descartes (Cartesian diver). *Departamento de Física Aplicada, Universidad de Cantabria*, 1-12.

- Guisasola, J., Pintos, M. E., & Santos, T. (2001). Formación continua del profesorado, investigación educativa e innovación en la enseñanza de las ciencias (una experiencia de formación continua del profesorado en el País Vasco y Cantabria). *Revista Interuniversitaria de Formación del Profesorado*, (41), 207-222.
- Harris, E. S. (2017). *365 Weird & Wonderful Science Experiments: An Experiment for Every Day of the Year*. Recuperado de <https://books.google.es/books?id=kpowDwAAQBAJ>
- Herbert, D., & Ruchlis, H. (1983). *Mr. Wizard's 400 Experiments in Science*. Recuperado de <https://books.google.es/books?id=RAcMAAAACAAJ>
- Hooper, F. H. (1969). Piaget's conservation tasks: The logical and development priority of identity conservation. *Journal of Experimental Child Psychology*, 8(2), 234-249. [https://doi.org/https://doi.org/10.1016/0022-0965\(69\)90098-8](https://doi.org/https://doi.org/10.1016/0022-0965(69)90098-8)
- IEA. (2017). *TIMSS 2019 Assessment Frameworks*TIMSS. Boston.
- Jasdilla, L., Fitria, Y., & Sopandi, W. (2019). Predict Observe Explain (POE) strategy toward mental model of primary students. *Journal of Physics: Conference Series*, 1157, 22043. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1157/2/022043>
- Jiménez Pérez, E. (2017). Lectura y educación en España: análisis longitudinal de las leyes educativas generales. *Investigaciones Sobre Lectura*, (8), 79-90. <https://doi.org/10.37132/isl.v0i8.218>
- Kala, N., Yaman, F., & Ayas, A. (2013). The effectiveness of predict-observe-explain technique in probing students understandignabout acid-base chemistry: a case for the concepts of pH, pOH, and strength. *International Journal of Science and Mathematics Education*, 11(3), 555-574. <https://doi.org/10.1007/s10763-012-9354-z>
- Karamustafaoglu, S., & Mamlok-Naaman, R. (2015). Understanding Electrochemistry Concepts using the Predict-Observe-Explain Strategy. *EURASIA Journal of Mathematics, Science & Technology Education*, 11, 923-936. <https://doi.org/10.12973/eurasia.2015.1364a>
- Kearney, M., Treagust, D., Yeo, S., & Zadnik, M. (2001). Student and Teacher Perceptions of the Use of Multimedia Supported Predict–Observe–Explain Tasks to Probe Understanding. *Research in Science Education*, 31, 589-615. <https://doi.org/10.1023/A:1013106209449>
- Kelly, M. (2020). Bloom's Taxonomy in the Classroom. Recuperado de ThoughtCo website: <https://www.thoughtco.com/blooms-taxonomy-in-the-classroom-8450>
- Kibirige, I., Osodo, J., & Tlala, K. M. (2014). The Effect of Predict-Observe-Explain Strategy on Learners' Misconceptions about Dissolved Salts. *Mediterranean Journal of Social Sciences; Vol 5, No 4 (2014): March 2014*. Recuperado de <https://www.mcser.org/journal/index.php/mjss/article/view/2217>
- Kumalasari, N., Churiyah, M., & Sukmawati, E. (2017). Improving Students Skills in Writing Letters of Commerce by Developing Correspondence Module-based POE (Predict-Observe-Explain). *Jurnal Pendidikan Bisnis dan Manajemen*, 3, 12-24. <https://doi.org/10.17977/um003v3i12017p012>

- Kusnadi, K., Lazuardi, Z., & Surakusumah, W. (2019). The Conceptual change of human respiratory system through POE-Based Learning. *Journal of Physics: Conference Series*, 1280, 32009. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1280/3/032009>
- Latifah, S., Irwandani, I., Saregar, A., Diani, R., Fiani, O., Widayanti, W., & Deta, U. A. (2019). How the Predict-Observe-Explain (POE) learning strategy remediates students' misconception on Temperature and Heat materials? *Journal of Physics: Conference Series*, 1171, 12051. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1171/1/012051>
- Liew, C., & Treagust, D. (1995). A Predict-Observe-Explain Teaching Sequence for Learning about Students' Understanding of Heat and Expansion Liquids. *Australian Science Teachers Journal*, 41, 68-71.
- López Gómez, E. (2012). Proposals for initial teacher training of secondary education in Spain Propuestas para la formación inicial del profesorado de educación secundaria en España. *Perspectiva Educacional Formación de Profesores*, 51(1), 87-108. <https://doi.org/10.4151/07189729-Vol.51-Iss.1-Art.75>
- Martinez Rizo, F. (2007). Los resultados de los centros educativos en Pisa. Reflexiones a partir de México y América Latina. *Avances en supervisión educativa: Revista de la Asociación de Inspectores de Educación de España*, ISSN 1885-0286, N^o. 5, 2007.
- MECD. (s. f.). ¿Qué es TIMSS? Recuperado 10 de junio de 2020, de <https://www.educacionyfp.gob.es/inee/evaluaciones-internacionales/timss.html>
- MECD. (2006). *Real Decreto 1631/2006, de 29 de diciembre, por el que se establecen las enseñanzas mínimas correspondientes a la Educación Secundaria Obligatoria*. (p. 21). Madrid: Boletín Oficial de España.
- MECD. (2015). *Orden ECD/65/2015, de 21 de enero, por la que se describen las relaciones entre las competencias, los contenidos y los criterios de evaluación de la educación primaria, la educación secundaria obligatoria y el bachillerato* (pp. 6993-6995). Madrid: BOE.
- Megawati, Hartatiana, & Wardani, A. K. (2020). Analysis of student's thinking ability to solve higher-order thinking skills (HOTS) math problems. *Journal of Physics: Conference Series*, 1480, 12050. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1480/1/012050>
- Millar, R., Tiberghien, A., & Le Maréchal, J.-F. (2003). Varieties of Labwork: A Way of Profiling Labwork Tasks. En D. Psillos & H. Niedderer (Eds.), *Teaching and learning in the science laboratory* (pp. 9-19). Dordrecht: Kluwer Academic Publishers.
- Molero, D., Pantoja-Vallejo, A., & Galiano-Carrión, M. (2017). Inteligencia emocional rasgo en la formación inicial del profesorado. *Contextos Educativos. Revista de Educación*, (20), 43. <https://doi.org/10.18172/con.2993>
- Molina, R. G. (2008). La taza que sobrevivió una caída libre. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 5(1), 114-117.
- Muñoz, J., & Charro, E. (2017). Los ítems PISA como herramienta para el docente en la identificación de los conocimientos y habilidades científicas. *Revista Eureka*, 14(2), 317-338.

- https://doi.org/10.25267/rev_eureka_ensen_divulg_cienc.2017.v14.i2.03
- Murillo, F. J., & Perines, H. (2017). Cómo los docentes no universitarios perciben la investigación educativa. *Rev. complut. educ*, 28(1), 81-99. https://doi.org/10.5209/rev_RCED.2017.v28.n1.48800
- Murphy, P. (1996). The IEA Assessment of Science Achievement. *Assessment in Education: Principles, Policy & Practice*, 3(2), 213-232. <https://doi.org/10.1080/0969594960030207>
- Nurhuda, Lukito, A., & Masriyah. (2018). Effectiveness of Cooperative Learning Instructional Tools With Predict-Observe-Explain Strategy on the Topic of Cuboid and Cube Volume. *Journal of Physics: Conference Series*, 947, 12052. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/947/1/012052>
- OCDE. (1999). *Measuring student knowledge and skills A new Framework for Assessment*. Paris.
- OCDE. (2005). *The definition and selection of key competencies. Executive Summary*. Recuperado de <https://www.deseco.ch/bfs/deseco/en/index/02.parsys.43469.downloadList.2296.DownloadFile.tmp/2005.dskcexecutivesummary.en.pdf>
- OCDE. (2016). *PISA 2015 Results (Volume I) Excellence and equity in education*. <https://doi.org/http://dx.doi.org/10.1787/9789264266490-en>
- OCDE. (2019a). *Informe PISA 2018. Programa para la Evaluación Internacional de los Estudiantes. Informe español*. Madrid.
- OCDE. (2019b). *PISA 2018 Assessment and Analytical Framework*. <https://doi.org/https://doi.org/10.1787/b25efab8-en>
- Osorio G., R., & Gómez García, A. (2004). *Experimentos divertidos de química para jóvenes*. Medellín.
- Parlamento. (2006). *Recomendación del parlamento Europeo y del consejo de 18 de diciembre de 2006 sobre las competencias clave para el aprendizaje permanente (2006/962/CE)* (p. L 394/13-L 394/18). p. L 394/13-L 394/18. Luxemburgo: Oficina de Publicaciones de la Unión Europea.
- Pedrinaci, E. (2012a). Idea clave 7. Aprender ciencias es, en buena medida, aprender a leer, escribir y hablar ciencia. En E. P. Rodríguez, A. C. Ros, P. C. de León, & A. de Pro Bueno (Eds.), *11 Ideas Clave. El desarrollo de la competencia científica* (pp. 147-169). Recuperado de <https://books.google.es/books?id=iXHdm7DF3hoC>
- Pedrinaci, E. (2012b). Idea clave I. El ejercicio de una ciudadanía responsable exige disponer de cierta competencia científica. En E. P. Rodríguez, A. C. Ros, P. C. de León, & A. de Pro Bueno (Eds.), *11 Ideas Clave. El desarrollo de la competencia científica* (pp. 15-35). Barcelona: EDITORIAL GRAO.
- Pérez, B. C., & Aleixandre, M. P. J. (2015). Análisis de la competencia científica de alumnado de secundaria: Respuestas y justificaciones a ítems de PISA. *Revista Eureka*, 12(3), 385-401. https://doi.org/10.25267/rev_eureka_ensen_divulg_cienc.2015.v12.i3.01

- Puentes, R. V., Botia, A. B., & Verdejo, A. M. (2015). Una valoración de la formación inicial de profesores en España: El máster en educación secundaria. *Educação em Revista*, Vol. 31, pp. 251-278. scielo.
- Rini, A., Suryani, N., & Fadhilah, S. (2019). Development of the Predict Observe Explain (POE)-based Thematic Teaching Materials. *International Journal of Educational Research Review*, 4, 1-7. <https://doi.org/10.24331/ijere.458067>
- Ros Garrido, A., & García Rubio, J. (2016). La calidad en la formación del profesorado del sistema educativo y de los certificados de profesionalidad. *Edetania: estudios y propuestas socio-educativas*, (50), 101-119.
- Sabucedo, A. C., Campos, J. A. S., & Abellás, A. P. (2012). Las concepciones que sobre la enseñanza tiene los estudiantes de la Universidad de Vigo que realizaron el CAP y los que realizaron el Master de Educación Secundaria. *Revista de Investigación en Educación*, n^o, 10(1), 100-114. Recuperado de <http://webs.uvigo.es/reined/>
- Sardá, J., & Marquéz Bargalló, C. (2009). Evaluación de la competencia científica del alumnado De 4^o De ESO según Los Ítems Del Pisa. *Enseñanza de las Ciencias, Número Extra VIII Congreso Internacional sobre Investigación en Didáctica de las Ciencias*, (1), 1162-1166.
- Supeno, Astutik, S., Bektiarso, S., Lesmono, A. D., & Nuraini, L. (2019). What can students show about higher order thinking skills in physics learning? *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 243, 12127. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/243/1/012127>
- Tiana, A. (2013). Los cambios recientes en la formación inicial del profesorado en España : una reforma incompleta. *Revista Española de Educación Comparada*, 0 (22), 39. <https://doi.org/10.5944/reec.22.2013.9322>
- Treagust, D. F., Mthembu, Z., & Chandrasegaran, A. L. (2014). Evaluation of the Predict-Observe-Explain Instructional Strategy to Enhance Students' Understanding of Redox Reactions. En I. Devetak & S. Glažar (Eds.), *Learning with Understanding in the Chemistry Classroom* (pp. 265-286). Dordrecht: Springer, Dordrecht.
- University of Gothenburg. (s. f.). The First International Science Study (FISS). Recuperado 10 de junio de 2020, de The First International Science Study (FISS) website: https://ips.gu.se/english/research/research_databases/compeat/Before_1995/Six_Subject_Survey/SSS_Science
- Valenzuela, J., Bellei, C., Sevilla, A., & Osses, A. (2009). *¿Qué explica las diferencias de resultados PISA Matemática entre Chile y algunos países de la OCDE y América Latina?*
- Vallejo, A. P., & Aranda, T. J. C. (2000). La formación inicial del profesor de Educación Secundaria. Situación actual y perspectivas de futuro. *Revista de Investigación Educativa*, 18(1 SE-Trabajos de investigación), 147-173. Recuperado de <https://revistas.um.es/rie/article/view/121531>

- Vallverdú, J., & Izquierdo, M. (2010). Error y conocimiento: un modelo filosófico para la didáctica de la ciencia. *Enseñanza de las ciencias*, 28(1), 47-60. Recuperado de <https://www.raco.cat/index.php/Ensenanza/article/view/189095>
- Vázquez Alonso, Á., & Manassero Mas, M. (2018). Más allá de la comprensión científica: educación científica para desarrollar el pensamiento. *REEC: Revista electrónica de enseñanza de las ciencias*, 17(2), 309-336.
- Vilches, A., & Gil, D. (2010). Máster de formación inicial del profesorado de enseñanza secundaria, algunos análisis y propuestas. *Revista Eureka sobre enseñanza y divulgación de las ciencias*, 10(7), 661-666. https://doi.org/10.25267/rev_eureka_ensen_divulg_cienc.2010.v7.i3.05
- White, R., & Gunstone, R. (1992). Prediction, Observation, Explanation. En *Probing Understanding* (pp. 44-63). Recuperado de <https://books.google.es/books?id=JSlpAwAAQBAJ>
- Widyastuti, F., Helsy, I., Farida, I., & Irwansyah, F. S. (2019). Implementation of PDEODE (Predict, Discuss, Explain, Observe, Discuss, Explain) Supported by PhET Simulation on Solubility Equilibrium Material. *Journal of Physics: Conference Series*, 1155, 12071. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1155/1/012071>

Anexos

Anexo 1

Cuadro 1. Capacidades y aprendizajes básicos del alumnado de secundaria para desarrollar la competencia científica

DIMENSIÓN DE LA COMPETENCIA CIENTÍFICA	CAPACIDADES CIENTÍFICAS	APRENDIZAJES BÁSICOS
Conceptual	<ul style="list-style-type: none"> • Capacidad de utilizar el conocimiento científico personal para describir, explicar y predecir fenómenos naturales. Ser capaz de utilizar adecuadamente el conocimiento científico supone conocerlo de forma significativa. Es decir, saber emplearlo para describir, explicar o predecir adecuadamente alguna cosa o fenómeno concreto relativo a la naturaleza y la tecnología. • Capacidad de utilizar los conceptos y modelos científicos para analizar problemas. Ser capaz no sólo de emplearlos para reproducirlos en pruebas o exámenes, sino también para reflexionar y para decidir con fundamento sobre problemas e interrogantes que se planteen en contextos académicos y cotidianos. • Capacidad de diferenciar la ciencia de otras interpretaciones no científicas de la realidad. Distinguir entre los fines, fundamentos y metodologías de la investigación científica y los propios de otras aproximaciones a la realidad. 	<ul style="list-style-type: none"> • Aprender significativamente los principales conceptos, modelos y teorías científico-escolares de la Física y la Química. • Establecer relaciones entre dichos conocimientos, integrándolos. • Utilizar esos conceptos, modelos y teorías científico-escolares para describir, explicar o predecir cosas o fenómenos de la realidad. • Emplear los conceptos, modelos y teorías científico-escolares para analizar problemas y soluciones planteadas en diferentes contextos vivenciales del alumnado relativos a fenómenos físicos y químicos. • Conocer significativamente para qué, con qué fundamento y cómo se elabora el conocimiento científico.
Metodológica	<ul style="list-style-type: none"> • Capacidad de identificar problemas científicos y diseñar estrategias para su investigación. Detectar aspectos problemáticos, formular hipótesis al respecto y planificar la contrastación de las mismas. • Capacidad de obtener información relevante para la investigación. Poseer criterios y procedimientos adecuados para buscar, valorar y seleccionar fuentes de información fiables y relevantes para la cuestión investigada y obtener información valiosa de distintas fuentes. • Capacidad de procesar la información obtenida. Realizar las tareas necesarias para interpretar adecuadamente el significado de los datos obtenidos. • Capacidad de formular conclusiones fundamentadas. A partir de los resultados, formular conclusiones relativas a los objetivos, problemas, hipótesis y metodología de la investigación, en relación con los resultados y conclusiones de investigaciones anteriores sobre la problemática investigada. 	<ul style="list-style-type: none"> • Identificar y formular problemas. • Formular hipótesis. • Diseñar procesos de contrastación. • Buscar y seleccionar fuentes de información relevantes. • Obtener información fiable y relevante de las distintas fuentes. • Tratar los datos obtenidos para interpretarlos adecuadamente: resumir, comparar, clasificar, cuantificar, relacionar, etc. Lectura de gráficas. • Interpretar los resultados. • Producir y valorar argumentaciones y conclusiones. • Formular conclusiones coherentes con los planteamientos, resultados y antecedentes de la investigación.

<p>Actitudinal</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Capacidad de valorar la calidad de una información en función de su procedencia y de los procedimientos utilizados para generarla. En contextos de investigación y toma de decisiones, valorar positivamente las informaciones procedentes de fuentes y procedimientos científicamente fiables y ser críticos con aquellas que no reúnan esos requisitos. • Capacidad de interesarse por el conocimiento, indagación y resolución de problemas científicos y problemáticas socioambientales. Sentir interés por las respuestas y soluciones ante los interrogantes científicos y personales sobre la realidad natural y tecnológica, así como ante las amenazas de los problemas socioambientales, y optar por soluciones que favorezcan los procesos de equilibración y desarrollo sostenible. • Capacidad de adoptar decisiones autónomas y críticas en contextos personales y sociales. Es decir, poseer los conocimientos y criterios científicos, conjugados con otros de distinta naturaleza, que sean necesarios para efectuar valoraciones y tomar decisiones con autonomía y suficiente fundamentación. 	<ul style="list-style-type: none"> • Valorar positivamente las informaciones o argumentos científicos frente a otros que no lo sean, en contextos de investigación. • Valorar positivamente los procedimientos científicos frente a otros que no lo sean, en contextos de investigación. • Interesarse por el conocimiento científico de la realidad material. • Interesarse por conocer y resolver problemas socioambientales. • Valorar positivamente la adopción de medidas que resuelvan problemáticas como el agotamiento de los recursos naturales o el deterioro ambiental, y favorezcan un desarrollo sostenible. • Valorar positivamente la autonomía personal y actuar con fundamento y con criterios propios. • Valorar positivamente el sentido crítico y saber emplearlo.
<p>Integrada</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Capacidad de utilizar en forma integrada las anteriores capacidades para dar respuestas o pautas de actuación adecuadas ante problemas concretos científicos, tecnológicos o socioambientales, en contextos vivenciales del alumnado. Ser capaz de movilizar en forma conjunta e integrada todas las capacidades definitorias de la competencia científica y actuar con coherencia y eficacia ante problemas y contextos específicos. 	<ul style="list-style-type: none"> • Establecer relaciones funcionales entre distintas capacidades científicas. • Desarrollar pautas de actuación ante problemas concretos del entorno que sean coherentes con las perspectivas científicas.

Cuadro 2.4. Descripción de los siete niveles de rendimiento de ciencias

Nivel	Puntuación límite inferior	Descripción del nivel de rendimiento
6	708	En el nivel 6, los estudiantes son capaces de utilizar e interrelacionar ideas y conceptos científicos de ciencias físicas, naturales y de la tierra y el espacio, y aplicar el conocimiento conceptual, procedimental y epistémico para presentar hipótesis explicativas de fenómenos, sucesos y procesos nuevos, o para hacer predicciones. A la hora de interpretar datos y evidencias, son capaces de discriminar la información relevante de la irrelevante y aprovechar el conocimiento externo al currículo escolar. Los estudiantes en el nivel 6 pueden distinguir entre argumentos basados en pruebas y teorías científicas de los basados en otras consideraciones, y son capaces de evaluar diseños en conflicto de experimentos, pruebas o simulaciones complejas y justificar sus elecciones.
5	633	En el nivel 5, los estudiantes pueden utilizar conceptos o ideas científicas abstractas para explicar fenómenos, sucesos y procesos inusuales y más complejos que impliquen múltiples relaciones causales. También son capaces de aplicar un conocimiento epistémico más elaborado para evaluar diseños experimentales alternativos y justificar sus elecciones, y utilizar su conocimiento teórico para interpretar la información y hacer predicciones. Los estudiantes en el nivel 5 pueden evaluar los métodos para investigar una determinada pregunta de forma científica e identificar las limitaciones en las interpretaciones de conjuntos de datos, incluyendo el origen y efectos de la incertidumbre en los datos científicos.
4	559	En el nivel 4, los estudiantes son capaces de aplicar un conocimiento de contenidos más complejo o más abstracto, que se proporcione o que se recuerde, para elaborar explicaciones a sucesos y procesos más complejos o menos conocidos. También pueden llevar a cabo experimentos que requieran dos o más variables independientes en un contexto restringido. Los estudiantes en el nivel 4 son capaces de justificar un diseño experimental basándose en los elementos del conocimiento procedimental y epistémico, y pueden interpretar datos extraídos de un conjunto de datos moderadamente complejos o de un contexto menos familiar, sacar conclusiones adecuadas que vayan más allá de los datos y justificar sus elecciones.

3	484	En el nivel 3, los estudiantes son capaces de utilizar un conocimiento conceptual de complejidad media para identificar o elaborar explicaciones de fenómenos conocidos. En un contexto menos familiar o en situaciones más complejas pueden elaborar explicaciones con apoyo o con indicaciones oportunas. Los estudiantes en el nivel 3 pueden utilizar elementos de conocimiento procedimental o epistémico para llevar a cabo experimentos simples en un contexto restringido, y son capaces de distinguir entre lo que es científico y lo que no e identificar las pruebas que respaldan un enunciado científico.
2	410	En el nivel 2, los estudiantes son capaces del hacer uso de conocimiento de contenidos de la vida diaria y del conocimiento procedimental elemental para identificar una explicación científica adecuada, interpretar datos e identificar la pregunta que responde a un diseño experimental sencillo. Los estudiantes en el nivel 2 pueden utilizar conocimiento científico elemental o de la vida diaria para identificar una conclusión válida de un conjunto de datos sencillo, y demuestran conocimiento epistémico elemental, al ser capaces de identificar preguntas que pueden ser resueltas de manera científica.
1a	335	En el nivel 1a, los estudiantes son capaces de hacer uso de un conocimiento conceptual y procedimental elemental o de la vida diaria para reconocer o identificar explicaciones de fenómenos científicos sencillos. Con ayuda, pueden realizar investigaciones científicas estructuradas con no más de dos variables. Los estudiantes en el nivel 1a pueden seleccionar la mejor explicación científica para los datos proporcionados en contextos personales, locales y globales conocidos, y son capaces de identificar relaciones causales o correlaciones sencillas e interpretar datos gráficos y visuales de baja exigencia cognitiva.
1b	261	En el nivel 1b, los estudiantes pueden hacer uso de un conocimiento conceptual elemental o de la vida diaria para reconocer aspectos de fenómenos sencillos o conocidos. Son también capaces de identificar patrones simples de datos, reconocer términos científicos elementales y seguir instrucciones explícitas para llevar a cabo un procedimiento científico.

La *Figura 2.9* muestra la distribución de los estudiantes en los siete niveles de rendimiento en cada uno de los países seleccionados, en las comunidades y ciudades autónomas españolas y en la media de países OCDE y total UE (la *Tabla 2.9* incluye estos porcentajes junto con los errores de las estimaciones).

Trabajo de investigación: predicción y explicación de fenómenos científicos. Máster en Formación del Profesorado

Consentimiento informado: Al contestar y remitir este cuestionario doy mi consentimiento informado como estudiante, aceptando participar en la investigación sobre predicción y explicación de fenómenos científicos. Entendiendo que: Mi participación es voluntaria. Sin impacto sobre mis actividades o evaluaciones. Mi colaboración se limita a responder a este cuestionario. Sólo los investigadores tendrán acceso a esta información anónima y los datos también se presentarán de forma anónima. Todo esto con las limitaciones asociadas a la normativa de protección de datos.

Gracias anticipadamente por tu participación.

***Obligatorio**

1. Nombre del centro *

2. Curso *

Marca solo un óvalo.

- 1º de la ESO
- 2º de la ESO
- 3º de la ESO
- 4º de la ESO
- 1º de Bachillerato
- 2º de Bachillerato

3. Si elegiste 4º de la ESO, ¿qué modalidad de estudios cursas?

Marca solo un óvalo.

- Ciencias
- Letras

4. Si elegiste bachillerato, ¿qué modalidad de estudios cursas?

Marca solo un óvalo.

- Ciencias
- Humanidades y Ciencias Sociales
- Artes

5. Sexo *

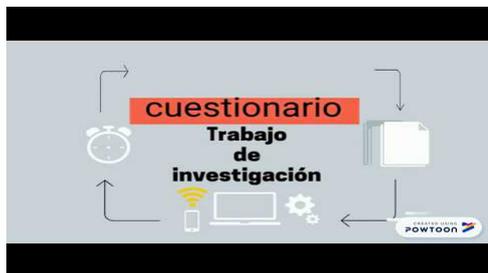
Marca solo un óvalo.

- Hombre
- Mujer

6. Edad *

Presentación de la investigación

Instrucciones del cuestionario (mira el vídeo)



<http://youtube.com/watch?v=PQRzu6pGaEk>

Experimento: cuentagotas

Descripción del experimento (mira el vídeo)



<http://youtube.com/watch?v=LgAcN9vMVIY>

7. ¿Has visto este experimento antes? *

Marca solo un óvalo.

- Sí
- No
- Parecido

Predecir

8. Tras la descripción del experimento, ¿qué crees que ocurrirá con el cuentagotas? Marca la opción que te parezca más adecuada. *

Marca solo un óvalo.

- no pasará nada
- se mantendrá flotando en la parte superior de la botella porque tiene aire dentro
- comenzará a bajar a la parte inferior de la botella dependiendo de la presión ejercida con la mano
- comenzará a bajar hasta llegar a la mitad de la botella independientemente a la presión ejercida con la mano
- se girará
- no lo sé
- Otro: _____

9. ¿Con qué contenido científico relacionarías lo que pasará en el experimento? *

Marca solo un óvalo.

- Potencia, elasticidad y densidad
- Reacción química y equilibrio químico
- Fuerza, gravedad y densidad
- Caída libre y movimiento de un péndulo
- Principio de Arquímedes, leyes de Pascal y Boyle
- Principio de Arquímedes, dilatación y trabajo
- No lo sé
- Otro: _____

10. ¿Podrías explicar lo que pasará en el experimento desde un punto de vista científico? *

Marca solo un óvalo.

- Sí
- No

11. En el caso que sea afirmativa la pregunta anterior ¿cómo lo explicarías brevemente?

Observar

Observa el experimento completo (mira el vídeo)



http://youtube.com/watch?v=lzLXs6EEN_Y

Explicar

12. El cuentagotas baja hasta el fondo de la botella al presionarla moderadamente, y vuelve a subir a la superficie una vez se deja de presionar. Esto es debido a: *

Marca solo un óvalo.

- que la presión atmosférica se iguala a la ejercida por la mano
- que el volumen de la burbuja de aire dentro del cuentagotas disminuye
- que el volumen de la burbuja de aire dentro del cuentagotas aumenta
- que la presión ejercida sobre la botella se distribuye únicamente en la parte superior de la botella
- que la presión ejercida a la botella hace que el cuentagotas se llene de aire
- que la botella está llena de agua y eso no permite que se comprima

13. Ahora que has visto el experimento, ¿con qué contenido relacionarías lo que ha pasado? *

Marca solo un óvalo.

- Potencia, elasticidad y densidad
- Reacción química y equilibrio químico
- Fuerza, gravedad y densidad
- Caída libre y movimiento de un péndulo
- Principio de Arquímedes, leyes de Pascal y Boyle
- Principio de Arquímedes, dilatación y trabajo
- No lo sé
- Otro: _____

Experimento: la llama

Descripción del experimento (mira el vídeo)



<http://youtube.com/watch?v=AeJk840kF-A>

14. ¿Has visto este experimento antes? *

Marca solo un óvalo.

- Sí
- No
- Parecido

Predecir

15. Tras la descripción del experimento ¿qué crees que ocurrirá con la llama de la vela? Marca la opción que te parezca más adecuada. *

Marca solo un óvalo.

- aumentará de tamaño
- se apagará
- se apagará pero luego se volverá a encender
- aumentará de tamaño y luego volverá al tamaño inicial
- aumentará de tamaño y luego se apagará
- no lo sé
- Otro: _____

16. ¿Con qué contenido científico relacionarías lo que pasará en el experimento? *

Marca solo un óvalo.

- Fuerza gravitatoria, densidad y velocidad de reacción
- Presión hidrostática, gravedad y densidad
- Fuerza, gravedad y potencia
- Teoría de las colisiones, mol y solubilidad
- Principio de Arquímedes, ley de Boyle y cambio físico
- Reacción química, densidad y fluidos
- No lo sé
- Otro: _____

Sección sin título

Observar

Observa el experimento completo (mira el vídeo)



<http://youtube.com/watch?v=pykmNGq97iA>

Sección sin título

Explicar

17. ¿Podrías explicar lo que ha pasado en el experimento desde un punto de vista científico? *

Marca solo un óvalo.

- Sí
- No

18. En el caso que sea afirmativa la pregunta anterior ¿cómo lo explicarías brevemente?

19. Ahora que has visto el experimento, ¿con qué contenido científico relacionarías lo que ha pasado? *

Marca solo un óvalo.

- Fuerza gravitatoria, densidad y velocidad de reacción
- Presión hidrostática, gravedad y densidad
- Fuerza, gravedad y potencia
- Teoría de las colisiones, mol y solubilidad
- Principio de Arquímedes, ley de Boyle y cambio físico
- Reacción química, densidad y fluidos
- No lo sé
- Otro: _____

Experimento: el papel

Descripción del experimento (mira el vídeo)



<http://youtube.com/watch?v=zxJRmzV2-20>

20. ¿Has visto este experimento antes? *

Marca solo un óvalo.

- Sí
- No
- Parecido

Predecir

21. Tras la descripción del experimento ¿qué crees que ocurrirá ? Marca la opción que te parezca más adecuada. *

Marca solo un óvalo.

- La caja de papel comienza a arder
- La llama se apaga
- La caja de papel no arde
- La caja de papel comienza a arder y luego se apaga por acción del agua
- La llama se hace más grande y hace arder a la caja
- No lo sé
- Otro: _____

22. ¿Con qué contenido relacionarías lo que pasará en el experimento? *

Marca solo un óvalo.

- Densidad, reacción química y mol
- Presión atmosférica, soluto y solvente
- Energía potencial, gravedad y calor
- Calor, conducción y transferencia de energía
- Temperatura, soluto y reacción química
- Principio de Arquímedes, punto de ebullición y gases
- No lo sé
- Otro: _____

23. ¿Podrías explicar lo que pasará en el experimento desde un punto de vista científico? *

Marca solo un óvalo.

- Sí
- No

24. En el caso que sea afirmativa la pregunta anterior ¿Como lo explicarías brevemente?

Observar

Observa el experimento completo (mira el vídeo)



<http://youtube.com/watch?v=Ys0w-ukCt-U>

Explicar

25. La caja de papel no se quema debido a que: *

Marca solo un óvalo.

- el papel tiene un punto de ignición más bajo que el del agua
- el agua sirve como un impermeable porque tiene una densidad más baja que la del papel
- el agua absorbe el calor de la llama antes que el papel, y la temperatura de este no aumenta
- el agua tiene mayor punto de ebullición que el papel
- el agua absorbe menos calor que el papel
- el papel está mojado y no es capaz de arder

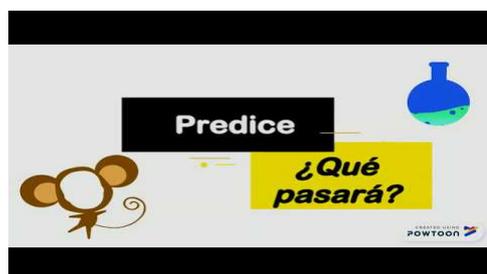
26. Ahora que has visto el experimento, ¿con qué contenido científico relacionarías lo que ha pasado? *

Marca solo un óvalo.

- Densidad, reacción química y mol
- Presión atmosférica, soluto y solvente
- Energía potencial, gravedad y calor
- Calor, conducción y transferencia de energía
- Temperatura, soluto y reacción química
- Principio de Arquímedes, punto de ebullición y gases
- No lo sé
- Otro: _____

Experimento: la taza

Descripción del experimento (mira el vídeo)



http://youtube.com/watch?v=FXAvsyet_P8

27. ¿Has visto antes este experimento? *

Marca solo un óvalo.

- Sí
 No
 Parecido

Predecir

28. Tras la descripción del experimento ¿qué crees que ocurrirá ? Marca la opción que te parezca más adecuada. *

Marca solo un óvalo.

- La taza y la cuchara chocarán contra el suelo
 La taza chocará contra el suelo antes que la cuchara
 La cuchara se detendrá en el lápiz y la taza no chocará contra el suelo
 La cuchara se enrollará en el lápiz y la taza no chocará contra el suelo
 La cuchara llegará al suelo antes que la taza
 No lo sé
 Otro: _____

29. ¿Con qué contenido científico relacionarías lo que pasará en el experimento? (Elige una sola respuesta) *

Marca solo un óvalo.

- Densidad y flotabilidad
 Reacción química y equilibrio químico
 Caída libre y movimiento de un péndulo
 Principio de Arquímedes y energía potencial
 Gravedad y presión atmosférica
 Energía, conducción y caída libre
 No lo sé
 Otro: _____

Observar

Observa el experimento completo (mira el vídeo)



<http://youtube.com/watch?v=CkYhoBvRKGM>

Explicar

30. ¿Podrías explicar lo que ha pasado en el experimento desde un punto de vista científico? *

Marca solo un óvalo.

- Sí
 No

31. En el caso que sea afirmativa la pregunta anterior ¿cómo lo explicarías brevemente?

32. Ahora que has visto el experimento, ¿con qué contenido relacionarías lo que ha pasado? *

Marca solo un óvalo.

- Densidad y flotabilidad
 Reacción química y equilibrio químico
 Caída libre y movimiento de un péndulo
 Principio de Arquímedes y energía potencial
 Gravedad y presión atmosférica
 Energía, conducción y caída libre
 No lo sé
 Otro: _____

Opinión

33. ¿Te ha parecido interesante la actividad?

Marca solo un óvalo.

	1	2	3	4	5	
Muy poco	<input type="radio"/>	Bastante				

34. ¿Qué experimento te gustó más?

Marca solo un óvalo por fila.

	Muy poco	Poco	Mucho	Bastante
Experimento 1. Cuentagotas	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Experimento 2. La llama	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Experimento 3. El papel	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Experimento 4. La taza	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

35. ¿Cuál/cuáles fueron los experimentos que te parecieron mas difícil/difíciles de entender?

Marca solo un óvalo por fila.

	Muy poco	Poco	Mucho	Bastante
Experimento 1. Cuentagotas	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Experimento 2. La llama	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Experimento 3. El papel	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Experimento 4. La taza	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

36. De acuerdo a la pregunta anterior. ¿Por qué crees que algunos experimentos te resulten difícil de entender?

37. Los experimentos utilizados te han parecido:

Marca solo un óvalo.

	1	2	3	4	5	
Aburridos	<input type="radio"/>	Muy divertidos				

38. ¿Cuál es el grado de importancia que le das a la predicción de un fenómeno científico?

Marca solo un óvalo.

	1	2	3	4	5	
Nada de importancia	<input type="radio"/>	Mucha importancia				

39. ¿Cuál es el grado de importancia que le das a la observación de un fenómeno científico?

Marca solo un óvalo.

	1	2	3	4	5	
Nada de importancia	<input type="radio"/>	Mucha importancia				

40. ¿Cuál es el grado de importancia que le das a la explicación de un fenómeno científico?

Marca solo un óvalo.

	1	2	3	4	5	
Nada de importancia	<input type="radio"/>	Mucha importancia				

41. ¿Habías hecho antes una actividad parecida?

Marca solo un óvalo.

Sí

No

42. ¿Te gustaría que en clase se use esta actividad para aprender ciencia?

Marca solo un óvalo.

Sí

No

A veces

Este contenido no ha sido creado ni aprobado por Google.

Google Formularios