



Diseño y aplicación de un cuestionario para el análisis del contenido de secuencias de enseñanza IBSE

■ Máster en Investigación y Evaluación Didáctica en el Aula
para el Desarrollo Profesional Docente ■

Enrique Castro Lanzarote, Almería, junio de 2015

Directores: Dr. D. Rafael López-Gay Lucio Villegas

Dra. D^a. María Martínez Chico

Introducción

Objetivos e índice del trabajo

En los últimos años el término indagación y su significado se han convertido en la piedra angular de las propuestas de cambio en la enseñanza de las ciencias, tanto en lo que se refiere al contenido como a la estrategia de enseñanza. En torno a la indagación se han llevado a cabo ambiciosos proyectos internacionales, elaborado documentos e informes, publicado artículos, diseñado propuestas de enseñanza...

La indagación se ha convertido así en un motor de cambio en la enseñanza, al menos en el ámbito de la investigación didáctica y del diseño curricular. Pero, como ya ocurriera con otros términos que jugaron un papel similar (descubrimiento, concepciones alternativas, constructivismo...), existe el riesgo de que el uso generalizado de este término de moda para referirse a cualquier propuesta de enseñanza termine por diluir su significado y lo convierta en un término ambiguo.

Una manera de evitar ese riesgo de ambigüedad, o al menos amortiguarlo, es identificar de una manera racional qué características son propias de la enseñanza mediante indagación y elaborar un instrumento que permita reconocer la presencia o ausencia de tales características en las propuestas de enseñanza. La función de ese instrumento no es sancionadora, no se pretende

calificar o descalificar a las diferentes propuestas sino identificar qué características tienen más peso en las propuestas de indagación, lo que permitirá conocer con mayor precisión la deriva adoptada por el término y advertir, en su caso, de posibles deficiencias.

Por otra parte, las posibilidades de éxito en la diseminación de un nuevo enfoque de enseñanza dependen en gran medida de la formación de los profesores, en particular de la formación inicial. En otros trabajos (Martínez Chico *et al.*, 2013) se ha presentado la fundamentación y el diseño de un curso de formación inicial de maestros para la enseñanza de las ciencias mediante la indagación así como una primera evaluación de su implementación. La mejora de ese curso requiere conocer qué características incorporan los futuros docentes en sus propuestas de enseñanza y qué características están ausentes.

Así pues, este trabajo persigue dos objetivos:

- 1. Construir un cuestionario válido y fiable para analizar secuencias de enseñanza desde la perspectiva de la indagación.** Para identificar los ítems que formarán parte del cuestionario revisaremos las aportaciones y el debate de la literatura especializada en torno a la enseñanza de las ciencias mediante la indagación, lo que constituye un primer paso en el proceso de validación del contenido. Ese proceso se completará con la participación de expertos en la aplicación del cuestionario en secuencias piloto.
- 2. Aplicar ese cuestionario para analizar las propuestas de enseñanza de los docentes en formación inicial.** Esta aplicación del cuestionario de forma reiterada permitirá valorar la utilidad del propio cuestionario e identificar posibles carencias. Por otra parte, el análisis de los resultados podría aportar información válida para la mejora del curso de formación inicial para enseñar ciencias mediante indagación.

Por todo ello, el trabajo se organiza en torno al siguiente **ÍNDICE GENERAL**:

<u>Cap. 1. Fundamentación</u>	4
<u>1.1. Carencias y virtudes en el modelo IBSE</u>	5
<u>1.2. La indagación</u>	6
<u>1.3. IBSE</u>	8
<u>1.4. Profesorado e indagación</u>	13
<u>Cap.2. Metodología</u>	15
<u>2.1. Diseño y validación del cuestionario</u>	15
<u>2.2. Aplicación del cuestionario</u>	17
<u>Cap. 3. Resultados sobre el diseño y validación del cuestionario</u>	20
<u>3.1. Versión inicial del cuestionario</u>	20
<u>3.2. Validación del contenido mediante opinión de expertas</u>	25
<u>3.3. Fiabilidad del cuestionario</u>	26
<u>Cap. 4. Resultados sobre la aplicación del cuestionario</u>	35
<u>4.1. Presentación y discusión global de resultados</u>	36
<u>4.2. Análisis de resultados agrupados por bloques</u>	42
<u>Cap.5. Conclusiones</u>	55
<u>5.1. Conclusiones y aportaciones realizadas</u>	55
<u>5.2. Líneas futuras de continuación del trabajo</u>	57
<u>5.3. Reflexión y valoración crítica</u>	59
<u>Bibliografía</u>	60
<u>Anexos</u>	64
<u>1. Secuencias para el proceso de validación por las expertas</u>	65
<u>2. Primera versión del guión para la aplicación del cuestionario</u>	73
<u>3. Cuadros de resultados antes de la reunión con la experta 1</u> .	78
<u>4. Cuadros de resultados antes de la reunión con la experta 2</u> .	80
<u>5. Índice de tablas, cuadros y gráficos</u>	82

Capítulo 1

Fundamentación

La introducción del término IBSE, por sus siglas en inglés *Inquiry Based Science Education*, en la enseñanza no es casual. Las propuestas de alfabetización científica señalan la necesidad de que los estudiantes aprendan de ciencia, pero también que aprendan a hacer ciencia y aprendan cómo funciona la ciencia (Reid y Hodson, 1992; Marco, 2000; Gil, D. *et al.*, 2005, Harlen, w. *et al.*, 2010)

Por otra parte, la investigación didáctica ha mostrado una visión del aprendizaje de las ciencias como cambio de concepciones y en las formas de razonar. Desde esta perspectiva, la indagación se ha convertido en el núcleo central de la enseñanza de las ciencias, como se señala en National Science Education Standards (2000):

“Más bien, el énfasis en la investigación nos lleva a pensar sobre lo que sabemos, por qué lo sabemos y cómo hemos llegado a saberlo.

... De esta forma, los profesores pueden ayudar a todos sus estudiantes a comprender la ciencia como un esfuerzo humano, adquirir el conocimiento científico y destrezas de pensamiento importantes para la vida diaria y, si sus estudiantes así lo eligen, proseguir una carrera científica.”

Es preocupante la falta de interés de los estudiantes hacia las ciencias, incapaces de establecer relación entre las ideas abstractas que se trabajan en el aula y el mundo que les rodea, por lo que se busca mejorar el aprendizaje en ciencias:

“La intención es mejorar la calidad del aprendizaje del estudiante que le permita adquirir las habilidades de investigación, desarrollar el conocimiento de las ideas científicas y comprender el trabajo de los científicos.” (NRC, 2000)

En el marco Europeo se está investigando el fracaso de la educación científica y la deficiencia de formación que la ciudadanía presentaba, por ello se está moviendo la idea de *“Una reorientación de la pedagogía de la enseñanza de las ciencias en las escuelas, introduciendo los métodos basados en la investigación, permitiría aumentar el interés de los estudiantes por las ciencias” (Rocard, 2007)*

Según Julio Puente (2008) el objetivo principal de la educación en ciencias es que el alumnado alcance las competencias científicas, por lo que es necesario que adquieran la capacidad de aplicar los conocimientos en situaciones de la vida cotidiana y no el conjunto de los mismos que haya podido aprender el alumnado. *“No se trata, por tato, de evaluar qué saben los alumnos sino de evaluar cómo aplican los conocimientos científicos en su vida”.* (Puente, 2008).

Para poder conseguir que el alumnado, alcance las competencias científicas, es muy importante que la pregunta con la que vamos a ir construyendo nuestro aprendizaje esté bien formulada. Es uno de los objetivos que PISA recoge, pues con una pregunta bien formulada, se tiene hecha una gran parte del trabajo.

1.1. Carencias y virtudes en el modelo IBSE

Una de las principales críticas a las propuestas que desarrollan IBSE se refiere al riesgo de reducir la indagación a actividades manipulativas y explicaciones

locales sin considerar de forma exhaustiva la conexión con las ideas científicas de carácter general, lo que convierte en ineficaz a esa enseñanza (Viennot, 2011). Esta despreocupación por el contenido conceptual, argumentan Hernández *et al.* (2014), fomenta una visión del razonamiento científico simplista, seguro, algorítmico, centrado en un nivel superficial de la observación, y una visión de la ciencia como acumulación de hechos simples sobre el mundo.

La indagación en ciencias puede facilitar la comprensión y la adquisición de la ciencia como parte de nosotros y nosotras sin emplear un aprendizaje memorístico. Con esta destreza conseguimos que el conocimiento este (re)elaborado y asumidos por el propio alumnado (Fibonacci, 2010).

Este tipo de prácticas de enseñanza pueden aumentar el interés del alumnado por la ciencia, además de ser una buena forma de mostrarles cómo funciona la ciencia pues toman un papel activo dentro de la adquisición del conocimiento. No obstante no debemos de olvidar que IBSE no es una simple propuesta de experimentos. (Viennot, 2011)

El trabajo práctico o experimental es considerado por muchos docentes como el mejor ejemplo de actividad científica, aunque el enfoque habitual de esos trabajos es de tipo receta y centrados en la realización de medidas y cálculos, lo que es ineficaz para el aprendizaje y proporciona una imagen deformada del trabajo científico (Furió *et al.*, 2005).

1.2. La indagación

En el contexto de la enseñanza de las ciencias, la indagación se refiere al proceso y al conjunto de habilidades de pensamiento que se ponen en juego cuando se realiza trabajo científico, pero se refiere también a una serie de estrategias de enseñanza conocidas bajo el nombre genérico de enseñanza de las ciencias basada en la indagación o IBSE.

Barrow (2006) menciona tres aspectos diferentes de lo que los autores llaman indagación, ya que no existe una definición clara de lo que es indagación:

- a) Una de las capacidades cognitivas que los estudiantes deben desarrollar: la capacidad de “indagar” o “investigar” científicamente.
- b) Lo que es necesario que el alumnado entienda sobre los métodos utilizados por los científicos para dar respuesta a sus preguntas: la naturaleza de la indagación científica.
- c) Una variedad de estrategias de enseñanza y aprendizaje que el profesorado debe desarrollar para que el alumnado aprenda capacidades de indagación (a) y sobre la indagación científica (b), así como para comprender y aprender conceptos científicos.

Couso (2014) concluye: *“Independientemente de la definición de indagación que se use, y de cómo ésta se sitúe en los ejes mencionados (destrezas indagativas y naturaleza de la ciencia), uno de los aspectos característicos de las propuestas IBSE es el hecho de justificar esta metodología...”*

Para hablar de indagación en clase es necesario un cambio en los roles de docente y discente; no podemos mantener el tipo de relaciones con las que se trabaja en un marco memorístico, hablamos de un alumnado más activo y autónomo de su propio aprendizaje y un docente facilitador de las etapas del aprendizaje mediante indagación del que van a formar parte. A la hora de tener en cuenta lo anterior no podemos dejar de pensar en un cambio de la aula tradicional, la cual nos facilite lo que anteriormente hemos mencionado, pues con las distribuciones tradicionales de clase, podemos dificultar la comunicación entre el alumnado a la hora de aprender indagando.

Como último aspecto para que se produzca el cambio sería los materiales, el libro de texto no deja libertad al alumnado y convierte al maestro y la maestra en un mero transmisor de contenidos aislados de la realidad y ligados a las editoriales. Por ello es muy importante resaltar que la secuencia de actividades

que el profesorado va a llevar a cabo para desarrollar su práctica es esencial para el correcto funcionamiento de la misma.

1.3. IBSE

“IBSE no es un contenido a enseñar y aprender sino una forma de enseñar y aprender, es decir, un enfoque didáctico y metodología de aula útil para aprender.” (Simarro y Couso, 2013).

La IBSE coloca a la indagación como práctica científica en el eje de la enseñanza, de manera que los que aprenden se enfrentan con preguntas, comunican y justifican sus explicaciones, dan prioridad a las pruebas y evalúan sus explicaciones a la luz de las pruebas y de explicaciones científicas (NRC, 2000). En todo momento este enfoque busca trabajar grandes ideas de la ciencia por lo que se encuentra en conexión con el mundo de las ideas, la teoría y el conocimiento científico, sin acotar los contenidos a enseñar, aumentando las demandas cognitivo-discursivas de los estudiantes y presenta una cara de la ciencia provechosa. Requiere de un cambio de roles, por lo que el discente presentará un papel autónomo y el docente pasa a ser un facilitador de la actividad en la que los alumnos y las alumnas son protagonistas y constructores del conocimiento.

A la hora de hablar de IBSE tenemos que tener en cuenta que es un enfoque innovador y fundamentado de enseñanza de las ciencias, planteado para aumentar el interés de los estudiantes y dar la oportunidad para que hagan ciencia.

Martínez Chico *et al.* (2015) hablan a modo de síntesis de cómo deberían de ser las actividades a realizar por los estudiantes en este tipo de aprendizaje:

1.- Se encuentran ante un problema o cuestión científica, del mundo natural o tecnológico y siempre que su respuesta pueda ser confirmada o rechazada a través de pruebas.

Es esencial que tenga sentido para los que aprenden, que tenga relación con su experiencia y conocimiento personal y que sean apropiadas para su nivel de desarrollo. Será necesario en muchas ocasiones incorporar una tarea de observación, de búsqueda de información, de discusión o de exploración empírica... antes de llegar a apropiarse de la cuestión con la que se enfrentan implicándose por tanto en su resolución y “haciéndolas suyas”. (Martínez-Chico, 2012)

2.- Deja libertad de expresión, siempre justificadas, tanto sus ideas previas como de su propia experiencia. Además de la posibilidad de discusión de sus ideas.

Conviene resaltar la importancia de que los estudiantes adelanten sus explicaciones o modelos, evitando así una incorrecta interpretación de la indagación como una serie de actividades centradas en la manipulación que suele dejar inmutables las concepciones de los estudiantes sobre los fenómenos en estudios (Windschitl y otros 2008).

3.- Tienen que poder someter a pruebas sus conocimientos y explicaciones mediante diseños experimentales o búsqueda de información, para usar pruebas que permitan confirmar o refutar las explicaciones (Jiménez Aleixandre, 2010; Garrido-Espeja, 2012). Estas pruebas pueden proceder de datos obtenidos a través de diseños experimentales propios o bien de la búsqueda de información o la consistencia encontrada en otros conocimientos ya consolidados.

4.- Permite el análisis e interpretación de la información y los datos obtenidos para así poder evaluar las ideas y explicaciones iniciales para

introducir los cambios necesarios en ellas. El objetivo es el de adaptar las explicaciones inicialmente formuladas o el modelo planteado a la nueva información, mejorando con ello su validez o utilidad. Esta categoría tiene en cuenta la conexión entre hechos y teoría, mostrando el carácter interpretativo de la ciencia (Garrido-Espeja, 2012).

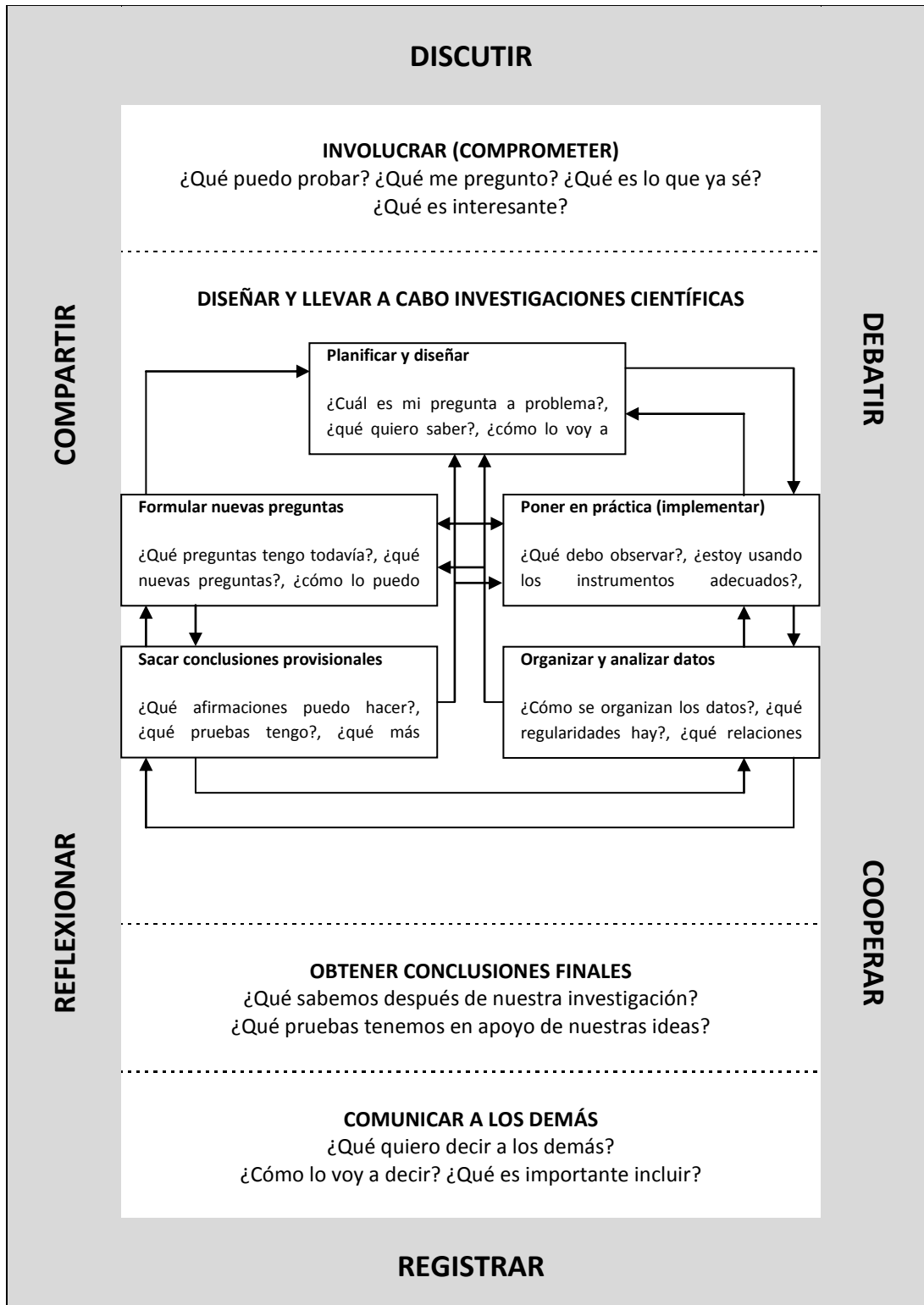
Comunicar e intercambiar ideas, considerando explicaciones alternativas a las personales. Tras la interpretación de las pruebas a la luz de los modelos utilizados, se hace imprescindible comunicar a los demás y someter a crítica el proceso y las conclusiones obtenidas, contrastando las ideas discutidas.

Al final es interesante utilizar y revisar modelos/explicaciones, evaluando sus explicaciones o modelos personales a la luz de otros modelos-explicaciones bien argumentados con mayor capacidad explicativa.

Es fundamental que exista en todo el proceso un clima de comunicación y diálogo, hablado y escrito, entre los diferentes grupos y con el docente para pensar y hablar ciencia.

El proyecto europeo Pollen, desarrollado desde 2006 hasta 2009, es una referencia en nuestro contexto para entender la enseñanza basada en la indagación. Durante ese proyecto se elaboró el siguiente diagrama para representar un esquema de un proceso completo de indagación (Worth, Duque y Saltiel, 2009). En ese diagrama (Cuadro 1) se resaltan seis actividades clave que sustentan el proceso: Cooperar, discutir, debatir, intercambiar, reflexionar y registrar.

CUADRO 1: Actividades clave en el proceso de indagación (Traducido de Worth, Duque, y Saltiel, E., 2009)



Hemos de tener en cuenta que la indagación, para ser científica, ha de estar orientada hacia la construcción progresiva de modelos y grandes ideas que permitan comprender el mundo y el trabajo experimental ha de estar insertado en un proceso completo de indagación (Martínez Chico *et al.*, 2015).

Además una indagación sobre ciencias no puede caer en el error de encontrar una respuesta a nuestra pregunta planteada simplemente de forma experimental, es necesario que la incógnita que tenemos nos lleve a buscar información y generar conocimientos que posibiliten plantear bien la pregunta e interpretar (Sanmartí, 2012).

Desde nuestro punto de vista, el corazón de la indagación es el pensamiento de los que están implicados en ella y no el trabajo experimental; de hecho algunos diseños para probar ideas no tienen por qué ser experimentales. Somos conscientes, no obstante, de que el trabajo experimental, cuando se inserta adecuadamente en un esquema de indagación, produce interés y entusiasmo entre los estudiantes y, sobre todo, conecta el mundo real de los objetos y fenómenos con el mundo más abstracto de las ideas (Simarro y Couso, 2013).

En este enfoque, además de realizarse tareas meramente manipulativas (*hands-on activities*) para la búsqueda de pruebas, se facilita la integración de los modelos teóricos en el proceso de construcción del conocimiento (*minds-on activities*), en la línea de autores como Windschitl *et al.* (2008), Viennot (2011) o Rodríguez-Simarro (2011). Para recalcar estas actividades de construcción de conocimiento optamos por destacar la MBI (*Modeling Based Inquiry*) (Steward *et al.*, 2005; Khan, 2007; Schwarz y Gwekwerere, 2007), pues ayuda a los estudiantes a cuestionar sus concepciones sobre los fenómenos en estudio, así como a diseñar experiencias para la búsqueda de pruebas y el uso de modelos científicos con los que contrastarlas y cuestionarlas.

La visión adoptada en este estudio de la MBI se refiere a un proceso dinámico del aprendizaje, orientado a construir conocimiento descriptivo, explicativo y

predictivo, produciendo una evolución en las ideas de los que aprenden mientras se preguntan sobre un fenómeno (Stewart *et al.*, 2005; Windschitl y Thompson, 2006; Schwarz, 2009). Por tanto, de este marco teórico con el que analizaremos las secuencias de actividades propuestas por los estudiantes surgen de la combinando los planteamientos sobre las prácticas indagatorias y el modelado de NRC, 2000 y Schwarz *et al.*, 2009).

1.4. Profesorado e indagación

Por nuestra parte asumimos la visión de un profesional crítico y reflexivo a la par que tecnólogo frente a una visión exclusivamente técnica que sitúe al docente como un mero ejecutor de propuestas que el vienen diseñadas e impuestas desde arriba, lo que supone orientar el proceso de formación docente hacia la construcción de un conocimiento profesional que el haga competente para analizar la escuela y la enseñanza, y tomar decisiones fundamentadas. Sin caer en el error de concentrarnos en un único individuo cuyo propósito consiste en cambiar una situación inmediata, ya que es fundamental no olvidar la importancia de la dimensión colectiva (Liston y Zeichner, 1993)

Por todo ello hablamos de que es importante una buena formación inicial del profesorado, con el fin de evitar caer en errores a la hora de proponer o poner en práctica posibles secuencias IBSE:

- La IBSE requiere formación del profesorado que le haga cambiar creencias sobre la ciencia y su enseñanza (contenido y método)
- La IBSE requiere “entrenamiento” en la organización y diseño de la enseñanza

Y esas dos cosas se adquieren en la medida en que se reflexiona y se tienen oportunidades de vivir experiencias de aprendizaje con enfoque IBSE. Estos son

los ingredientes del curso diseñado e implementado por Martínez Chico *et al*
(2013)

Capítulo 2

Metodología

Como se recordará, el trabajo tenía dos objetivos: por un lado diseñar y validar un cuestionario de análisis del contenido de secuencias de enseñanza IBSE, por otro lado utilizar ese cuestionario para obtener información útil para mejorar un curso de formación inicial de maestros.

2.1. Diseño y validación del cuestionario

Teniendo en cuenta que el interés de nuestro trabajo no es analizar en profundidad una secuencia concreta sino en identificar las características IBSE que están presentes o ausentes en diferentes secuencias, hemos decidido elaborar un cuestionario de fácil aplicación que analice la presencia o ausencia de determinadas características de la IBSE, tanto en lo que se refiere al tipo de actividades como a quién las realiza y la posibilidad de discusión y debate. Cada una de esas características se reflejará en un ítem que exprese una característica directamente observable en la secuencia.

Para la elaboración del cuestionario atenderemos a dos criterios: que incluya todas las características relevantes que pueden ser contempladas en el enfoque

IBSE y que permiten diferenciar una interpretación IBSE de otra (validación del contenido), por otro lado que los resultados de la aplicación del cuestionario a una misma secuencia sean en gran medida independientes del experto que realiza el análisis (fiabilidad).

La primera propuesta de los ítems que forman el cuestionario inicial se realizará a partir de la revisión bibliográfica realizada en el apartado de fundamentación, lo cual será una primera prueba de validación del contenido. Cada ítem irá acompañado de un comentario explicativo sobre lo que pretendemos buscar a través de ese ítem en la secuencia y, en su caso, de criterios para optar por un tipo de respuesta u otra.

La segunda prueba de validación del contenido procederá de la opinión de dos expertas. Les pediremos que analicen el cuestionario para identificar características importantes de la IBSE que no estén reflejadas en los diferentes ítems, y les pediremos también que revisen la redacción de cada ítem y su correspondiente comentario. Nos reuniremos por separado con cada experta para recoger su valoración y apreciaciones, lo que nos puede llevar a suprimir ítems, añadir otros nuevos o modificar los ya existentes. El resultado será una versión del cuestionario cerrado (ítems y comentarios).

Para estudiar la fiabilidad del cuestionario pediremos a dos expertas que lo utilicen para analizar dos secuencias piloto; además, le pediremos que señalen en cada secuencia el párrafo o párrafos donde han encontrado con claridad la presencia del ítem correspondiente. Las secuencias piloto utilizadas responden a un claro esquema de indagación, extraídas de las propuestas en el proyecto europeo Fibonacci con contenidos muy distintos (germinación y flotación) y dirigidas a estudiantes de diferentes edades (primer ciclo de Primaria y tercer ciclo, respectivamente). Las secuencias, tal y como fueron entregadas a las expertas, traducidas por nosotros, se encuentran en el [Anexo 1](#).

La comparación de nuestras respuestas y las de cada experta nos llevará a identificar discrepancias. Nos reuniremos por separado con cada experta para discutir el origen de cada discrepancia y consensuaremos redacciones y comentarios alternativos que lleven a eliminar esa discrepancia. El resultado dará lugar a una nueva versión o cuestionario definitivo (para este trabajo). Consideremos una primera prueba de fiabilidad si el cuestionario definitivo y los comentarios explicativos conducen a una coincidencia en todos los ítems que como máximo deje fuera a uno de los expertos.

2.2. Aplicación del cuestionario

La asignatura Didáctica de las Ciencias Experimentales I, de 2º curso de la titulación de Maestro/a de Educación Primaria en la U. de Almería, desarrolla un programa diseñado para la formación inicial en la enseñanza de las ciencias basada en la indagación (Martínez Chico *et al.*, 2013). Dicho programa se organiza en dos grandes bloques: el primero pretende realizar una reflexión colectiva sobre la ciencia y su enseñanza orientada a fundamentar el enfoque IBSE (con modelización), y el segundo bloque pretende hacer vivir experiencias de aprendizaje de contenido científico organizadas en torno al enfoque IBSE con grandes ideas y modelización.

Como se puede apreciar, al tratarse de la primera asignatura de Didáctica de las Ciencias Experimentales, el programa no incluye en su contenido la evaluación desde la perspectiva IBSE de secuencias de enseñanza ni mucho menos el diseño de tales secuencias. Sin embargo, hemos considerado oportuno evaluar la efectividad del programa para ayudar a los estudiantes en su tarea como futuros técnicos en el diseño de la enseñanza, aunque no sea un contenido aprendido durante la asignatura. Para ello, se les encargará realizar en el plazo de un mes la tarea que se describe en el cuadro 2.

CUADRO 2: Enunciado de la tarea encargada a los estudiantes de la asignatura DCE I

SECUENCIA DE ACTIVIDADES DE ENSEÑANZA. Trabajo en grupos de 3 a 5 componentes. Se indicarán los apellidos y el nombre de cada componente del grupo (en orden alfabético).

1. Finalidad:

Elaborar una secuencia de actividades de enseñanza siguiendo el enfoque IBSE (Enseñanza de las ciencias basada en la indagación: ver temas 3, 4, 5 y 6), **dirigido a estudiantes del último ciclo de Primaria y cuyo contenido esté relacionado con los cambios de estado**. No se trata de abarcar todos los contenidos referentes a cambios de estado, sino que la indagación propuesta esté relacionada con algunos de esos contenidos.

2. Contenido del trabajo:

La secuencia de actividades consiste en una secuencia ordenada de cada una de las **actividades** que van a realizar los estudiantes así como las **aportaciones significativas del profesor** ya sea antes y/o después de cada actividad.

En cada actividad se debe especificar:

- **el enunciado preciso, y**
- **un comentario** sobre: lo que se espera que hagan los estudiantes, las dificultades que se prevén, las intervenciones previstas del docente, las conclusiones a las que se pretende llegar, si se trata de una actividad de clase o de casa... En el caso en que se usen recursos específicos, en el comentario se deben especificar (páginas web, vídeos, imágenes, materiales de laboratorio, etc.).

Al final de la secuencia se debe añadir:

- **el tiempo** (en horas de clase) que se requiere para desarrollar esa secuencia
- una **tabla-resumen de los contenidos** que se han trabajado (ver diapositiva final de la presentación Tema 4 2)
- un apartado con las referencias bibliográficas que se han usado (si es el caso) para preparar la secuencia.

Los estudiantes no habían estudiado previamente en la asignatura DCE I el contenido científico al que se hace referencia en la tarea (cambios de estado), aunque es un contenido que seguro habrán trabajado con mayor o menor éxito a lo largo de su escolarización no universitaria.

En total se recogerán más de 50 trabajos, pero aplicaremos el cuestionario a una muestra de los mismos formada aproximadamente por la mitad de esos trabajos elegida al azar.

El investigador principal de este trabajo aplicará el cuestionario a cada secuencia de la muestra y se recogerán los resultados globales en forma de tablas y gráficos. Esa presentación cuantitativa irá acompañada de una discusión cualitativa ilustrada con fragmentos literales de los trabajos.

La interpretación y valoración de los resultados se realizará teniendo en cuenta la falta de formación específica durante la asignatura en el contenido científico y en el diseño de secuencias de actividades. En estas condiciones, no cabe esperar un buen diseño pero sí se puede obtener información de las características IBSE que han sido más claramente asumidas por los futuros docentes así como las características que han sido más ignoradas. Esta información puede ser utilizada para introducir cambios en esta asignatura o en su continuación en otros cursos de la titulación.

Capítulo 3

Resultados sobre el diseño y la validación del cuestionario

El primer objetivo de este trabajo era construir un cuestionario válido y fiable para analizar secuencias de enseñanza desde la perspectiva de la indagación. Para ello se ha seguido un proceso de construcción y revisión reiterada hasta llegar a un producto final, apoyados en la revisión bibliográfica y en la colaboración de expertos para validar el contenido y estudiar su fiabilidad.

3.1. Versión inicial del cuestionario

La revisión bibliográfica realizada nos llevó a identificar una serie de características de la enseñanza de las ciencias basada en la indagación que transformamos en una serie de interrogantes cuya respuesta debíamos buscar en las secuencias de enseñanza que analizásemos. En el cuadro 3 se muestra esa serie de interrogantes que da lugar a un cuestionario abierto:

CUADRO 3: Cuestionario inicial

<p>1.- Sobre el planteamiento de preguntas o problemas:</p> <ul style="list-style-type: none">• ¿Hay una pregunta o problema que los estudiantes se apropian?, ¿cuál es?, ¿qué actividades están dedicadas a ello?• ¿Esa pregunta da lugar a subpreguntas?, ¿cuáles son?• ¿Hay una primera toma de contacto con la pregunta para poder empezar a familiarizarse con el problema? <p>2.- Sobre la emisión de hipótesis:</p> <ul style="list-style-type: none">• ¿Los alumnos pueden aportar sus propias respuestas a esa pregunta o problema? ¿Qué actividades están dedicadas a ello?• ¿Tienen que justificar sus respuestas?• ¿Comunican e intercambian esas ideas con el grupo?• ¿Concluyen en una respuesta común o cada grupo puede tener una hipótesis distinta? <p>3.- Sobre la búsqueda de pruebas:</p> <ul style="list-style-type: none">• ¿Se buscan pruebas para confirmar o rechazar ideas? ¿Qué actividades están dedicadas a ello?• ¿Estas pruebas se obtienen mediante un diseño experimental o por ejemplo mediante búsqueda de información?• ¿Quién diseña el experimento para la búsqueda de datos? ¿Se discute sobre el diseño antes de llevarlo a cabo? ¿Qué actividades están dedicadas a ello?• ¿Se debaten antes de llevar a cabo el experimento los resultados que se tienen pensados obtener atendiendo a la hipótesis planteada? ¿Qué actividades están dedicadas a ello? <p>4.- Sobre el análisis de resultados: ¿Recogen, analizan e interpretan resultados?, ¿Se ponen en común?, ¿Qué actividades están dedicadas a ello? ¿Se presentan unas conclusiones?</p> <p>5.- Sobre la construcción de grandes ideas: ¿Se recopilan las ideas y se amplían para presentar un modelo “científico” que permita explicar el fenómeno estudiado y ampliarlo a otros casos?, ¿cuáles son las principales ideas de ese modelo?</p> <p>6.- Sobre la continuación de la indagación: ¿Se inicia otro ciclo de indagación para poner a prueba el modelo (predicciones)?</p>
--

Además de reconocer en los interrogantes las actividades propias de la IBSE, queremos resaltar dos aspectos que nos han preocupado en su redacción. Por un lado, hemos querido identificar el grado de dirección explícita por parte del profesor o el texto de la secuencia en la indagación, y por ello nos hemos interesado por saber en cada caso quién realiza la acción: si son los propios estudiantes (E) o es el propio texto de la secuencia o el profesor (TP). Por otro lado, nos hemos interesado por saber si se acepta la diversidad en las hipótesis, diseños y experiencias o finalmente el grupo, seguramente después de debatir, asume las mismas hipótesis, los mismos diseños o realiza la misma experiencia.

Para probar este cuestionario inicial, el investigador autor y uno de los directores de este trabajo lo utilizaron para analizar dos secuencias de actividades. La primera es una de las secuencias que forman parte del curso de formación inicial diseñado (Martínez Chico *et al.*, 2013) que ambos conocían bien uno como estudiante y otro como docente. La segunda es una secuencia piloto sobre la fusión del hielo con sal elaborada por una experta dentro del de excelencia SENSOCIENCIA (P11-SEJ-7385) de la Junta de Andalucía y a cuya puesta en práctica asistieron el investigador y director como estudiantes.

Tras la aplicación del cuestionario se constató un alto grado de concordancia en las respuestas del investigador y del director. No obstante, las sesiones de puesta en común nos llevaron a incluir nuevos apartados y añadir mayor precisión en el enunciado de las preguntas. También decidimos redactarlo en forma de ítems de respuesta cerrada en la mayoría de los casos mediante una opción dicotómica. El resultado fue la versión 1 del cuestionario (cuadro 4) que se presenta a continuación.

CUADRO 4: Cuestionario versión 1

Nombre de la secuencia y origen:		Fecha de análisis (y quién):
Nivel o etapa:		
1.1	¿Se plantea una pregunta o problema? ¿Quién? Enunciado:	S - N E - TP
1.2	¿Se facilita su apropiación a los estudiantes? ¿Cómo?	S - N
2.1	¿Se aportan respuestas a esa pregunta? ¿Quién?	S - N E - TP
2.2	¿Se justifican las respuestas? ¿Quién?	S - N E - TP
2.3	¿Se comunican respuestas al gran grupo? ¿Se concluye en una sola respuesta común?	S - N S - N
3.1	¿Se aporta algún diseño de búsqueda de pruebas? ¿Quién?	S - N E - TP
3.2	¿Los estudiantes comunican los diseños realizados al gran grupo? ¿Se concluye entonces en un diseño común?	S - N S - N
3.3	¿Se analiza la coherencia entre el diseño y la hipótesis a contrastar? ¿Quién?	S - N E - TP
3.4	¿Se adelanta el resultado que cabe esperar? ¿Quién?	S - N E - TP
3.5	¿Cuál es el tipo de diseño aportado?	
4.1	¿Se obtienen resultados después de poner en práctica el diseño? ¿Quién?	S - N E - TP
4.2	¿Se analiza la validez de la hipótesis y justificación a la luz de resultados? ¿Quién?	S - N E - TP
4.3	¿Se comunican al gran grupo los resultados y/o análisis realizado? ¿Quién?	S - N E - TP
5.1	¿Se hace una recapitulación explícita del trabajo y principales conclusiones? ¿Quién?	S - N E - TP
5.2	¿Se conectan esas conclusiones con un conocimiento científico más amplio?	S - N

Principales contenidos “conceptuales” trabajados a lo largo de la indagación	
Hechos	
Conceptos e ideas	
Modelo (ideas fundamentales)	

Como se ha comentado en la fundamentación, los investigadores están preocupados por la reducción de la enseñanza IBSE a actividades motivadoras y de manipulación. Creemos que los apartados 2, 4 y 5 de nuestro cuestionario obedecen a esa preocupación: la posible justificación de hipótesis obliga a aportar experiencias y concepciones personales, el posible análisis de resultados permite analizar la validez y alcance de esas ideas y concepciones, y la posible recapitulación permite resumir y ampliar el esquema conceptual de los estudiantes. Adicionalmente, la última tabla del cuestionario refleja nuestra preocupación por identificar los contenidos conceptuales que se trabajan en una secuencia IBSE en forma de conceptos, grandes ideas o modelos.

Para probar esta versión 1 del cuestionario, el investigador y uno de los directores de este trabajo lo utilizaron para analizar las secuencias de actividades del Proyecto europeo Fibonacci que se muestran traducidas en el [Anexo 1](#). Las sesiones de puesta en común de los resultados obtenidos por uno y otro condujeron a la redacción de un guión explicativo del cuestionario en el que se explicase mejor lo que se busca en cada ítem y se ofreciesen criterios para decantarse por una respuesta u otra. Ese guión, pensamos, facilitará la aplicación del cuestionario por personas ajenas a la redacción de los ítems. En el [Anexo 2](#) se muestra dicho guión.

3.2. Validación del contenido mediante opinión de expertas

Para validar el contenido de la versión 1 del cuestionario cerrado que hemos presentado en el cuadro 4 hemos contado con la colaboración de dos expertas en enseñanza mediante indagación y en formación inicial de docentes.

En la primera toma de contacto con las expertas les pedimos por escrito que revisen tanto el cuestionario como el guión explicativo identificando posibles carencias o vacíos que puedan presentar sobre las características más relevantes del debate sobre la enseñanza de las ciencias basada en la indagación.

Ambas expertas coincidieron en la apreciación global de que se trata de un cuestionario muy completo, así como en la valoración de su utilidad y ayuda para analizar secuencias en un futuro.

De forma puntual, la experta 2 añadió el siguiente comentario:

“Al igual que se pregunta por la recapitulación se podría preguntar si se explicita o se reflexiona sobre el propio proceso seguido. Aunque esto no es “obligatorio” para que se considere IBSE, sabemos que es importante reconocerlo.”

Coincidimos con esta experta en que es importante que los estudiantes tomen conciencia explícita del proceso seguido pues eso le ayudará a comprender mejor lo que hacen en futuras indagaciones y, además, obedece al objetivo de aprender sobre cómo funciona la ciencia. Sin embargo, no estamos seguros de que ello se consiga necesariamente mediante una reflexión explícita pues también puede alcanzarse mediante el aprendizaje mediante indagación de forma y reiterada y progresiva hacia una mayor autonomía de los estudiantes. Por ello, hemos decidido no añadir un nuevo ítem aunque lo tendremos en cuenta para futuras versiones del cuestionario.

En conclusión, el proceso de validación mediante opinión de expertas no nos ha llevado a introducir cambios ni en el cuestionario ni en el guión explicativo.

3.3. Fiabilidad del cuestionario

Como ya se ha explicado en el capítulo de Metodología, para estudiar la fiabilidad del cuestionario hemos pedido de nuevo su colaboración a las dos expertas. Les hemos entregado las secuencias del Proyecto europeo Fibonacci que aparecen en el [Anexo 1](#) y les hemos pedido que apliquen el cuestionario a cada una de ellas, señalando además el lugar exacto de la secuencia en la que han identificado la presencia de cada ítem. Esta última tarea ha facilitado la discusión entre investigador y experta en una entrevista posterior buscando las razones de las discrepancias y negociando posibles soluciones.

Experta 1. Secuencia de germinación:

Inicialmente aparecía un grado de discrepancia del 33% ([ver tabla 1 del Anexo 3](#)). Durante la entrevista posterior se comprobó que la mayor parte de las discrepancias eran debidas a diferencias en la interpretación de lo que se proponía o hacía en la propia secuencia, siendo inmediato alcanzar el consenso. En el ítem 3.5 es donde se produce mayor discrepancia pues el investigador señala que se realiza un experimento mientras la experta señala que se realiza una observación. Durante la entrevista la experta nos aconseja elaborar una lista de posibles respuestas para esta pregunta e incluir un breve comentario en el guión explicativo diferenciando cada uno de los elementos de esa lista, consejo que asumimos.

Experta 1. Secuencia de flotación:

Inicialmente aparecía un grado de discrepancia del 40% ([ver tabla 2 del Anexo 3](#)). Sin embargo, durante la entrevista se puso de manifiesto que

todas las discrepancias tienen su origen en una diferente interpretación de lo que se dice y se pide en la secuencia. Después de una breve discusión desaparecieron todas las discrepancias, tan sólo fue necesario introducir cambios en el ítem 3.5 en la misma dirección que ya se ha señalado anteriormente.

Experta 2. Secuencia de germinación:

En este caso con la experta solo encontramos inicialmente un porcentaje del 20% de discrepancia ([ver tabla 3 del Anexo 4](#)). Durante la entrevista se identifica el origen de todas las discrepancias con la traducción del texto o la interpretación de la secuencia, por lo que el consenso total se alcanza de inmediato.

Experta 2. Secuencia de flotación:

Con esta secuencia la Experta 2 muestra gran consenso con el investigador desde el inicio pues solo se presenta el 6% de discrepancia ([ver tabla 4 del Anexo 4](#)). Lo que corresponde a discrepar en un solo ítem. Al igual que en los casos anteriores, durante la entrevista se identifica que el origen de la discrepancia en una diferente interpretación del texto.

Una vez incorporados los cambios en el Guión explicativo consecuencia del proceso de estudio de fiabilidad mediante la colaboración de las dos expertas, completamos el proceso añadiendo la colaboración de un tercer experto.

En este caso se le pasaron cinco secuencias de actividades elaboradas por los maestros y maestras en formación inicial y se le dieron al experto las mismas instrucciones: que aplicase al cuestionario a cada una de ellas y señalase en el texto el lugar especial donde se ponía de manifiesto la presencia, en su caso, de cada ítem. Por su parte, el investigador realizó la misma tarea. En la tabla 5 se comparan los resultados obtenidos por el investigador y el experto en cada secuencia y se resaltan las discrepancias en este análisis inicial.

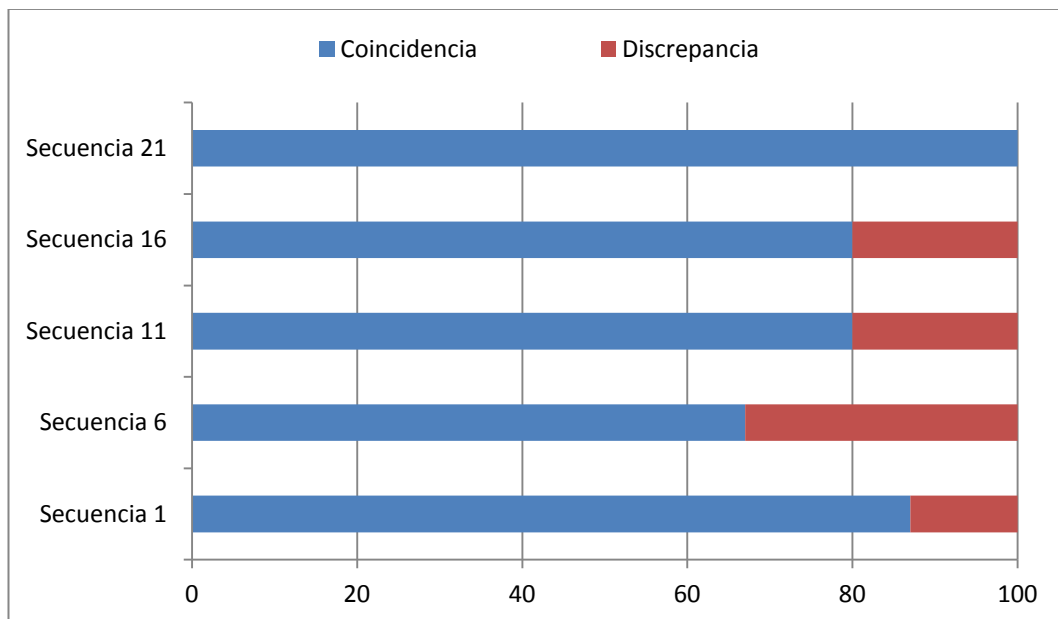
TABLA 5: Resultados obtenidos por el investigador y el experto.

	Secuencia 1		Secuencia 6		Secuencia 11		Secuencia 16		Secuencia 21	
	Inves	Exper	Inves	Exper	Inves	Exper	Inves	Exper	Inves	Exper
1.1	S-TP	S-TP	S-E	S-TP	S-TP	S-TP	S-TP	S-TP	S-TP	S-TP
1.2	S	S	S	S	S	S	S	S	N	N
2.1	S-E	S-E	S-E	S-E	S-E	S-E	S-E	S-E	S-E	S-E
2.2	S-E	S-E	S-E	S-E	N	N	S-E	¿?	S-E	S-E
2.3	S-N	S-N	S-N	S-N	S-N	S-S	S-N	S-S	S	S
3.1	S-E	S-E	S-TP	N	S-TP	S-TP	S-E	S-E	N	N
3.2	N	N	N	N	N	N	S-S	S-S	N	N
3.3	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N
3.4	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N
3.5	Exp	Exp	Exp	Exp	Exp	Exp	Exp	Exp	Exp	Exp
4.1	S-E	S-E	S-E	N	S-E	S-E	S-E	S-E	N	N
4.2	S-E	S-	N	N	N	N	S-TP	S-TP	N	N
4.3	S-E	S-E	S-E	N	S-E	S-E	S-E	S-E	N	N
5.1	S-TP	N	N	S-TP	S-E	N	S-TP	S-TP	N	N
5.2	S	S	S	S	N	S	N	S	N	N

Un recuento global de los resultados nos muestra que hay coincidencia entre el investigador y el experto en 62 de los 5 ítems, lo que representa un 83% de coincidencia y tan sólo un 17% de discrepancia.

En el gráfico 1 se muestra el porcentaje de coincidencia y de discrepancia en cada una de las secuencias analizadas.

GRÁFICO 1: Porcentaje de coincidencia y de discrepancia en cada una de las secuencias analizadas



Podría pensarse que existe relación entre el grado de coincidencia y la calidad de la secuencia. Si tomamos como indicador de esa calidad la calificación otorgada por el profesor de la asignatura a la tarea de realización de esa secuencia, concluimos que no existe tal relación, aunque la coincidencia total se produce en el trabajo de peor calidad. El bajo número de trabajos utilizados no nos permite extraer conclusiones generalizables de este hecho.

Por otra parte, podemos hacer un análisis horizontal del grado de discrepancia. Si consideramos ítems problemáticos aquellos en los que hay menos de un 80% de coincidencia (más de 1 discrepancia en 5 secuencias analizadas), existen tres ítems (20%) problemáticos. Estos son:

- Ítem 2.3, en su segundo apartado referido a si se concluyen en una sola respuesta común una vez puestas en común las hipótesis. Hay dos discrepancias, en las dos en el mismo sentido: cuando el experto considera que SÍ se concluye en una respuesta en común el investigador sigue pensando que NO.
- Ítem 5.1: ¿Se hace una recapitulación explícita del trabajo y las principales conclusiones? Hay tres discrepancias, en dos de ellas el investigador señala SÍ y en la otra el investigador señala NO.
- Ítem 5.2: ¿Se conectan esas conclusiones con un conocimiento científico más amplio? Hay dos discrepancias en las que el investigador responde NO mientras el experto responde SÍ.

Este análisis horizontal, después de una discusión entre el investigador y el experto, nos lleva a modificar los comentarios en el Guión explicativo en los ítems anteriores para poder mejorar la comprensión de la pregunta por parte del que está analizando la secuencia con ayuda de este cuestionario. Además hemos añadido alguna aclaración en los otros ítems no problemáticos.

Como conclusión, el proceso de estudio de la fiabilidad del cuestionario no nos ha exigido realizar cambios en la primera versión del cuestionario cerrado que

habíamos elaborado y sí introducir cambios en el guión explicativo. El resultado final es el siguiente:

CUADRO 5: Guión explicativo

Un problema o pregunta científica involucra a los estudiantes y da sentido a la enseñanza

1.1. ¿Se plantea una pregunta o problema?, ¿quién?, ¿cuál es su enunciado?

Se pretende identificar la pregunta o problema sobre la que se va a realizar la indagación. A veces la secuencia se inicia con una pregunta más general (por ejemplo: ¿para qué sirven los captadores solares en las azoteas?, ¿cuál es su importancia?, ¿cómo deben colocarse?) que después se concreta en la pregunta que va a ser objeto directo de indagación (¿cómo cambia la trayectoria diaria del Sol a lo largo del año?).

Diremos que esta es consecuencia de los estudiantes cuando la contextualización de la misma de pie a que sean ellos y ellas capaces de formularla, es decir, la pregunta surgirá a partir de las explicaciones que el docente pueda aportar al inicio de la secuencia.

Es esta última la que intentamos localizar. Enunciaremos de la forma más fiel posible el enunciado de la pregunta.

1.2. ¿Se facilita su apropiación a los estudiantes?, ¿cómo?

Antes de la pregunta final objeto de indagación pueden realizarse actividades o aportar información que sirva para contextualizar y/o resaltar el interés del objeto de indagación. Por ejemplo, la discusión sobre el cambio climático (a través de una explicación del profesor, la visualización de imágenes, la lectura de un texto...) puede facilitar que se apropien de la pregunta sobre la trayectoria diaria del Sol. Otro ejemplo: la discusión sobre las gotas de lluvia puede finalizar en la pregunta sobre la caída vertical de objetos. O una salida al campo o visita a un centro puede dar lugar a una pregunta de indagación... Si la respuesta es afirmativa, describiremos brevemente cómo se facilita esa apropiación.

Los estudiantes formulan y justifican hipótesis, comunican e intercambian ideas.**2.1. ¿Se aportan respuestas a esa pregunta?, ¿quién?**

Pretendemos reconocer si la pregunta recibe una respuesta explícita, ya sea del propio texto o profesor o por parte de los estudiantes. Aunque parece una evidencia, es posible que en ocasiones se pase directamente de la pregunta al experimento, sin una discusión previa que le dé sentido.

2.2. ¿Se justifican las respuestas?, ¿quién?

Entendemos que una respuesta está justificada si se aportan las razones de por qué se piensa lo que se piensa. Consideraremos válido que en la secuencia se pida simplemente que justifiquen la respuesta o que se trabaje con la justificación aunque en la secuencia no se pida de manera clara en un apartado la justificación de las mismas.

Esta justificación puede ser de bajo nivel, basada en conocimiento empírico o informaciones puntuales recibidas, o de un nivel más alto basada en modelos más o menos elaborados. Nos interesa saber si la secuencia permite que se justifiquen esas respuestas, y si esa justificación la deben hacer los propios estudiantes o la realiza directamente el texto o el profesor.

2.3. ¿Se comunican respuestas al gran grupo?, ¿se unifican en una sola?

En el caso de que sean los estudiantes los que enuncian las hipótesis (ver 2.1), y sólo en ese caso, queremos saber si esas respuestas son comunicadas al resto del grupo de clase (dando con ello la oportunidad de que sean criticadas y valoradas). En el caso de que así se haga, queremos saber también si finalmente se concluye en una sola hipótesis que guiará el resto de la indagación o si se mantienen diferentes hipótesis (complementarias en ocasiones, opuestas en otras). En esta segunda pregunta tendremos en cuenta que la secuencia trabaje con una de las respuestas, aunque haya enunciado varias, en este caso sí se unificaría en una sola.

Los estudiantes buscan pruebas que apoyen o rechacen sus ideas**3.1. ¿Se aporta algún diseño de búsqueda de pruebas?, ¿quién?**

Pretendemos saber si se plantea algún procedimiento para buscar pruebas, de las respuestas enunciadas, destinadas a confirmar la validez de las hipótesis, algo que esperamos que suceda en la mayoría de las secuencias aunque quizás en algunas se pase por alto y se entre directamente en analizar resultados que se presentan. Además, queremos saber si hay oportunidades de que los estudiantes aporten sus propios diseños (con independencia de que sean los que finalmente se utilicen) o es el texto o profesor el que plantea directamente el diseño.

3.2. ¿Se comunican los diseños al gran grupo?, ¿se unifica en uno solo?

En el caso en que se pida a los estudiantes que aporten sus propios diseños (ver 3.1), y sólo en ese caso, queremos saber si deben presentarlo al grupo de clase (permitiendo posiblemente que sean valorados y criticados). En caso afirmativo, queremos saber también si finalmente se concluye en un diseño común que será el que se lleve a cabo.

3.3. ¿Se analiza la coherencia entre el diseño y la hipótesis a contrastar?, ¿quién?

Muchas veces el diseño propuesto para buscar pruebas no es el adecuado para contrastar la hipótesis que se ha formulado; no es una tarea sencilla ni evidente. Queremos saber si se analiza esta adecuación, aunque el diseño haya sido propuesto por el texto o el profesor. En caso afirmativo, queremos saber si ese análisis lo realizan los estudiantes o lo hace directamente el texto o el profesor.

3.4. ¿Se discute el resultado que cabe esperar?, ¿quién?

Una vez asumido el diseño que se va a llevar a cabo, queremos saber si se adelantan los resultados que cabría esperar y que nos van a permitir confirmar o rechazar la hipótesis formulada. De nuevo, esa discusión puede ser realizada directamente por el texto o pueden ofrecerse oportunidades a los estudiantes para que adelanten los resultados esperados. Debemos aclarar que este ítem es distinto del anterior, pues mientras allí se trataba de analizar en qué medida el diseño realizado sirve para contratar la hipótesis, en este caso se trata de adelantar un resultado, y son dos acciones que no deben suponer una a la otra.

3.5. ¿Cuál es el tipo de diseño aportado: experimento, observación, búsqueda de información?

Se trata simplemente de caracterizar el tipo de diseño que se va a poner en práctica.

Destacamos como posibles tipos de diseño:

- Experimento: Recreación de una situación de manera controlada. Ej: Plantar unas semillas en distintas macetas y condiciones.
- Observación: Contemplar una situación de manera no controlada. Ej: Plantar una semillas y observar cómo crecen.
- Búsqueda de información: Se trata de buscar datos en fuentes para comprobar o rechazar nuestra hipótesis. Ej: buscar datos en la Agencia Estatal de Meteorología.

Los estudiantes comunican e intercambian ideas, argumentos y resultados

4.1. ¿Se obtienen resultados después de poner en práctica el diseño?, ¿quién?

Queremos saber si se pone en práctica el diseño y se obtienen resultados (cualitativos o cuantitativos) de él, y quién es el que ha puesto en práctica el diseño.

Solo responderemos a la esta pregunta en el caso de que se haya aportado algún diseño de búsqueda de pruebas (ver 3.1)

4.2. ¿Se analiza la validez de la hipótesis e ideas en las que se basa a la luz de resultados?, ¿quién?

Puede ser que los resultados hayan sido obtenidos al poner en práctica un diseño o bien son presentados directamente, pero queremos saber en este caso si tales resultados se analizan explícitamente (y si lo hacen los estudiantes o bien el texto o profesor) para determinar la validez o no de las hipótesis o respuestas que se aportaron en 2.1.

4.3. ¿Se comunican al gran grupo los resultados y/o análisis realizado?, ¿quién?

Queremos saber si el análisis de resultados y las conclusiones se comunican al gran grupo (facilitando así su crítica y valoración), ya sea por parte de cada uno

de los pequeños grupos o por parte del texto o del profesor.

Solo responderemos a la esta pregunta en el caso de que se haya aportado algún diseño de búsqueda de pruebas (ver 3.1)

Las conclusiones obtenidas son evaluadas a la luz de otras explicaciones alternativas, acercándose a explicaciones científicamente ya aceptadas

5.1. ¿Se hace una recapitulación explícita del trabajo y principales conclusiones?, ¿quién?

Pretendemos averiguar si en la parte final de la secuencia se realiza una síntesis de lo que se ha realizado: cuál era la pregunta, qué respuestas se emitieron... y de las conclusiones obtenidas. Consideraremos como valido que se lleve a cabo una recapitulación de las conclusiones del trabajo realizado. Este trabajo puede ser realizado mediante un comentario final en el texto o bien mediante una actividad que deben realizar los estudiantes: elaboración de un informe, completar una tabla sobre lo que han hecho o aprendido, elaborar un póster...

5.2. ¿Se conectan esas conclusiones con un conocimiento científico más amplio?

El conocimiento construido o utilizado en la indagación es sólo una parte de un conocimiento científico más amplio. Pretendemos saber si al final del proceso de indagación se plantea, aunque sea brevemente, la vinculación de ese conocimiento con esquemas más amplios.

Finalmente, resumiremos los principales contenidos conceptuales que se trabajan en la secuencia.

Principales contenidos “conceptuales” trabajados a lo largo de la indagación	
Hechos	[Conocimiento descriptivo que se ha aprendido durante la secuencia]
Conceptos e ideas	[Conceptos o ideas que se han utilizado de forma importante o que se han construido finalmente]
Modelo (ideas fundamentales)	[Si existe un modelo científico que se ha utilizado, que se ha construido o que se ha introducido al menos]

Capítulo 4

Resultados sobre la aplicación del cuestionario

El segundo objetivo de este trabajo era aplicar el cuestionario diseñado para analizar las secuencias de enseñanza elaboradas por los docentes en formación inicial. Como se recordará, esos docentes en formación cursan la asignatura de Didáctica de las Ciencias Experimentales I en 2º curso de la titulación de maestro/a de Educación Primaria, siguiendo un programa orientado a justificar y vivir la enseñanza de las ciencias bajo el enfoque IBSE. Aunque no forma parte del contenido de ese programa el diseño de secuencias de enseñanza IBSE para estudiantes de Primaria, queremos analizar en qué medida el programa seguido les ayuda a realizar ese diseño identificando las características presentes y las ausentes, aportando información válida para la mejora de la formación de esos mismos estudiantes.

Para ello, al final de curso se encargó una tarea a los estudiantes para realizar en grupo en el plazo de un mes. El contenido de esa tarea era diseñar una secuencia de actividades relacionada con los cambios de estado (contenido científico que no ha sido trabajado expresamente durante el curso), siguiendo unas instrucciones que se han detallado en el cuadro 1.

La población está formada por 51 secuencias de actividades elaboradas por los estudiantes pertenecientes a tres grupos docentes distintos. Hemos seleccionado en primer lugar todos los trabajos de un mismo grupo para garantizar que no hay sesgo de calidad, es decir, que hay trabajos de todo tipo de estudiantes; a ello hemos analizado una pequeña representación de trabajos de los otros dos grupos elegidos al azar.

Con ese criterio, la muestra queda formada por 33 secuencias de actividades que han sido analizadas por el investigador completando el cuestionario para cada una de ellas.

Presentaremos en primer lugar los resultados de forma global y después de forma más pormenorizada atendiendo a cada uno de los grandes bloques de los ítems del cuestionario.

4.1. Presentación y discusión global de resultados

Los resultados del análisis de las 33 secuencias de actividades que forman la muestra aplicando a cada una de ellas el cuestionario que hemos elaborado (cuadro 4) se presentan en la tabla 6.

En el gráfico 2 se muestra el porcentaje de todas las secuencias de la muestra en las que está presente cada característica de la enseñanza IBSE recogida en el cuestionario, excluyendo las que hacen referencia a la participación de los estudiantes y la comunicación en el aula.

En el gráfico 3 se muestra el porcentaje de todas las secuencias de la muestra en las que son los estudiantes los que realizan diferentes acciones relacionadas con la enseñanza IBSE recogidas en el cuestionario.

TABLA 6: Resultados completos obtenidos al aplicar el cuestionario a las 33 secuencias de la muestra

SEC	1.1	Q	1.2	2.1	Q	2.2	Q	2.3a	2.3b	3.1	Q	3.2a	3.2b	3.3a	3.3b	3.4a	3.4b	3.5	4.1	Q	4.2	Q	4.3	Q	5.1	Q	5.2
1	S	P	S	S	E	S	E	S	N	S	E	N	N	N		N		E	S	E	S	E	S	E	S	P	S
2	S	P	S	S	E	S	E	S	S	S	E	N	N	N		N		E	S	E	N		S	E	N		S
3	S	P	N	S	E	S	E	S	S	S	P	N	N	N		N		E	S	E	N		S	P	S		N
4	S	P	S	S	E	N		S	N	S	P	N	N	N		N		E	S	E	N		S	E	S	P	N
5	S	P	S	S	E	S	E	S	N	S	E	N	N	S	P	N		E	S	E	S	E	S	E	S	E	S
6	S	P	S	S	E	S	E	S	N	N		N	N	N		N			N		N		N		S	P	S
7	S	P	S	S	E	N		N		S	P	N	N	N		N		E	S	E	N		N		S	E	N
8	S	P	S	S	E	S	E	S	S	S	E	N	N	N		N		E	S	E	N		S	E	S		N
9	S	P	N	S	E	S	E	S	N	S	E	S	N	S	P	N		E	S	E	S	P	S	E	S	E	N
10	S	P	S	S	E	S	E	S	N	S	E	S	N	N		N		E	S	E	S	E	S	E	S	E	N
11	S	P	S	S	E	N		S	S	S	P	N	N	N		N		E	S	E	N		S	E	S	E	S
12	S	P	S	S	E	S	E	S	N	S	P	N	N	N		N		E	S	E	N		S	E	N		N
13	S	P	S	S	E	N		S	S	S	P	N	N	N		N		O	S	E	S	E	N		N		N
14	S	P	N	S	E	S	E	S	N	S	P	N	N	N		N		E	S	E	S	E	S		N		N
15	S	P	N	S	E	S	E	S	N	S	E	S	N	S	P	N		E	S	E	S	P	S	E	N		S
16	S	P	S	S	E	S	E	S	S	S	E	S	S	N		N		E	S	E	S	P	S	E	S	P	S

SEC	1.1	Q	1.2	2.1	Q	2.2	Q	2.3a	2.3b	3.1	Q	3.2a	3.2b	3.3a	3.3b	3.4a	3.4b	3.5	4.1	Q	4.2	Q	4.3	Q	5.1	Q	5.2
17	S	P	N	S	E	S	E	N	N	S	P	N	N	N		N		E	S	E	N		N		S	P	N
18	S	P	N	S	E	S	E	N	N	S	P	N	N	N		N		E	S	E	S	E	N		N		S
19	S	P	S	S	E	S	E	S	S	S	P	N	N	N		N		E	S	E	N		S	E	S	E	S
20	S	P	N	S	E	S	E	S	N	S	E	S	S	S	P	N		E	S	E	N		N		N		N
21	S	P	N	S	E	S	E	S	N	N		N	N	N		N			N		N		N		N		N
22	S	P	S	S	E	S	E	S	S	S	P	N	N	N		N		O	S	E	N		N		N		N
23	S	P	S	S	E	S	E	S	N	S	P	N	N	N		S	E	E	S	E	S	E	N		S	E	N
24	S	P	S	S	E	S	E	S	N	S	P	N	N	N		N		O	S	E	S	P	S	E	S	P	N
25	S	P	S	S	E	S	E	S	N	S	P	N	N	N		N		O	S	E	N		S	E	S	E	N
26	S	P	S	S	E	S	E	N	S	S	P	N	N	N		N		E	S	E	N		N		S	P	S
27	S	P	N	S	E	S	E	S	S	S	P	N	N	N		S	E	E	S	E	S	P	S	P	S	P	N
28	S	P	N	S	E	S	E	S	N	S	P	N	N	N		N		O	N		N		N		N		N
29	N		N	N		N		N	N	N		N	N	N		N			N		N		N		N		N
30	S	P	S	S	E	S	E	N	N	S	P	N	N	N		N		R	N		N		N		S	P	N
31	S	P	N	S	E	S	E	S	S	S	P	N	N	N		N		E	S	E	S	E	S	E	S	E	N
32	S	P	S	S	E	S	E	S	S	S	P	N	N	N		N		E	S	E	S	E	S	E	S	E	S
33	S	P	S	S	E	N		S	N	S	E	S	N	S	P	N		E	S	E	S	P	S	E	N		S

GRÁFICO 2: Porcentaje en que están presentes características de la IBSE en las secuencias analizadas

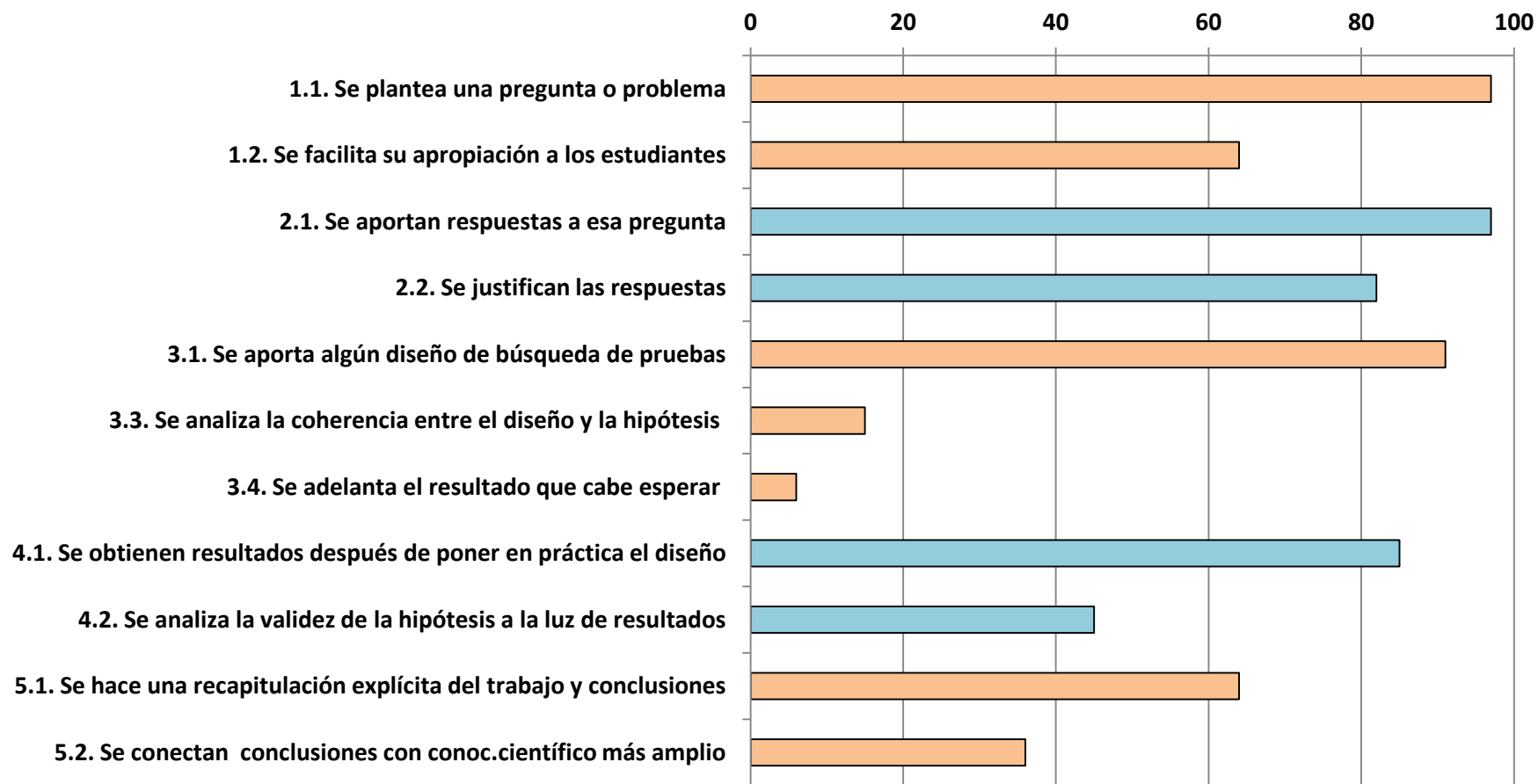
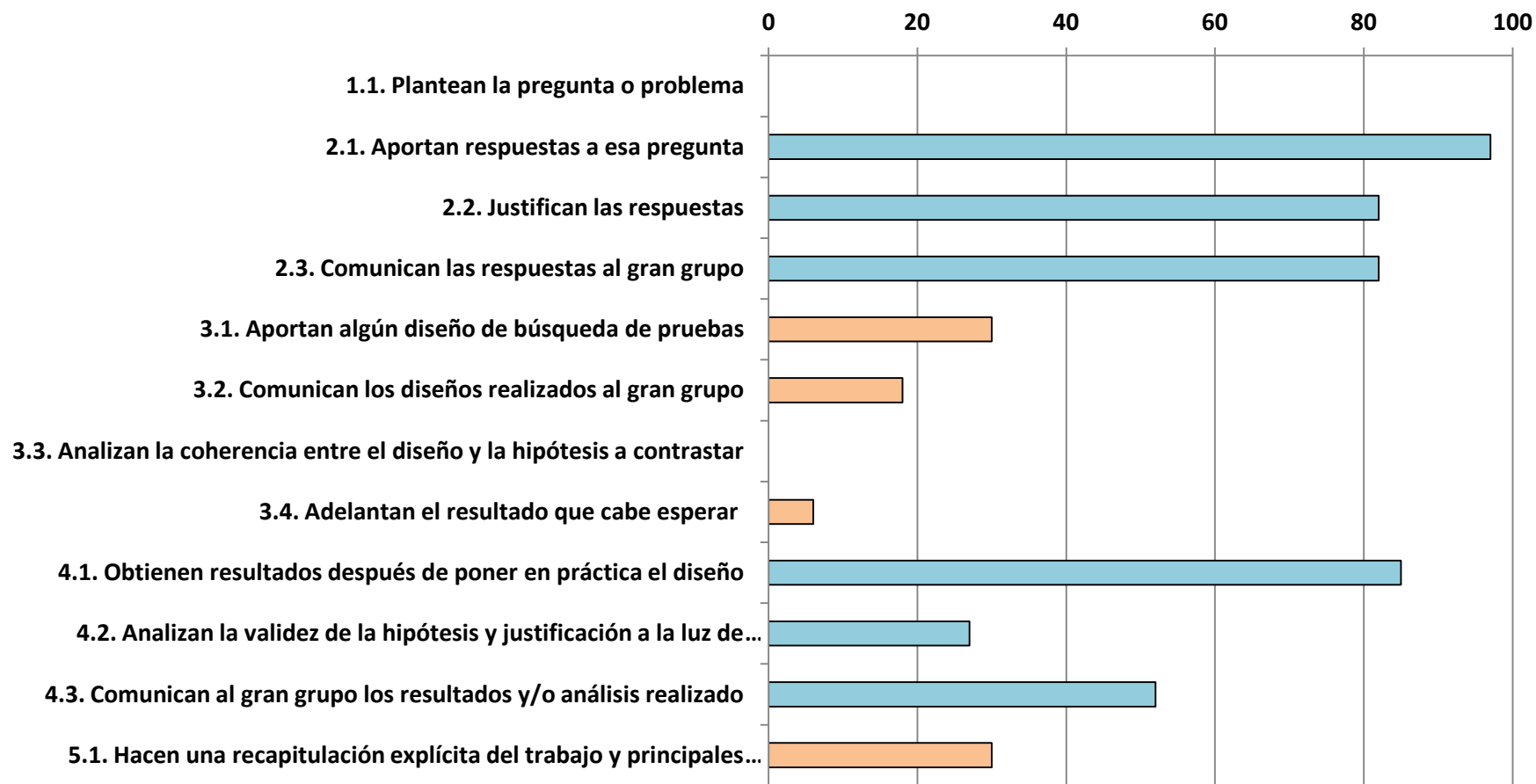


GRÁFICO 3: Porcentaje en que LOS ESTUDIANTES realizan estas acciones en las secuencias analizadas



Un análisis global de los resultados obtenidos nos muestra que en las propuestas de los futuros maestros están presentes de forma generalizada las actividades básicas de la indagación: se enfrentan con preguntas, emiten hipótesis, diseñan experiencias y analizan resultados. Sin embargo, están presentes en menos de la mitad de los trabajos otras actividades relevantes de mayor complejidad como son: la relación entre los diseños de búsqueda de pruebas y las hipótesis emitidas, la relación entre los resultados obtenidos y la hipótesis que se pretendía contrastar o la conexión de las conclusiones con un conocimiento científico más amplio.

Por otra parte, los resultados obtenidos muestran que los futuros docentes promueven la participación y comunicación de los estudiantes en especial en el momento de emitir hipótesis y realizar experimentos u observaciones, pero el planteamiento de la pregunta, el diseño de las experiencias y el análisis de los resultados sigue descansando, cuando se hace, en la intervención del profesor o la información que se aporta en el texto de la secuencia.

En nuestra opinión, estos resultados globales muestran que los futuros docentes han reconocido el tipo de actividades básicas que estructuran una indagación y concentran en ellas su secuencia: pregunta – hipótesis – experiencias – análisis de resultados. Dentro de ellas, ofrecen mayor protagonismo a las aportaciones y discusión entre los estudiantes a la emisión de hipótesis y la realización de experiencias, quizás pensando en que los estudiantes no serán capaces de diseñar correctamente las experiencias a realizar.

Distintos trabajos han mostrado las dificultades de los estudiantes, incluso del último año de bachillerato, para llevar a cabo la indagación (Abril *et al.*, 2014; Ferrés *et al.*, 2015). Quizás los futuros docentes han vivido estas dificultades en primera persona y por ello han optado por evitar que los estudiantes se enfrenten con tales dificultades, en ocasiones haciendo que sea el profesor el encargado de realizarlas y en otras simplemente eliminándolas de la secuencia. Se trata simplemente de una constatación no de un juicio de que esta decisión sea acertada o no.

En el siguiente apartado se comentarán de forma más detenida los resultados obtenidos y se ilustrarán esos resultados con transcripciones literales de las secuencias elaboradas por los futuros docentes.

4.2. Análisis de resultados agrupados por bloques

Bloque 1. Un problema o pregunta científica involucra a los estudiantes y da sentido a la enseñanza

Todas las secuencias analizadas, excepto una, parten de una pregunta o problema que es planteado en todos los casos por el profesor o el texto de la secuencia. Esto último resulta lógico ya que en una secuencia escrita *a priori* es imposible que los estudiantes formulen una pregunta, otra cosa sería si se analizase la implementación de esa secuencia en el aula.

Encontramos preguntas más académicas y otras más cercanas a la realidad del alumnado. Ejemplos de preguntas planteadas en las secuencias:

Fragmento literal de la secuencia 11.
--

<i>Hemos estado observando los charcos en el suelo del patio. Uno de ellos está expuesto al Sol y el otro a la sombra. ¿Qué les ocurre?</i>

Fragmento literal de la secuencia 26.
--

<i>¿Por qué crees que la materia en estado sólido no cambia su forma? ¿Por qué crees que la materia en estado líquido cambia su forma? ¿Por qué crees que la materia en estado gaseoso cambia su forma constantemente?</i>
--

El 64% de las secuencias analizadas, además, se dedica una actividad o se aporta información destinada a que los alumnos se apropien de la pregunta, partiendo de un

contexto más amplio o de un fenómeno en el que adquiere sentido la pregunta. En el resto, se plantea la pregunta y directamente se pasa a la emisión de hipótesis.

A continuación se reproducen fragmentos literales de las secuencias referidos a la necesaria apropiación de los estudiantes de la pregunta planteada.

Fragmento literal de la secuencia 3.

A la hora de comer los niños y niñas se dirigen al comedor, han visto salir una especie de humo por la puerta de la cocina y se han preguntado a qué era debido. El profesor ha aprovechado la situación para hacer de ella un conocimiento científico. Lo que estaba ocurriendo era que de las ollas que estaban utilizando para cocinar, salía vapor de agua. Los niños y niñas se sienten atraídos e interesados por este hecho y quieren descubrir cómo y por qué ocurre, así que el profesor aprovecha para planificar un aprendizaje con un enfoque IBSE para sus alumnos y alumnas, para que mediante la indagación y la búsqueda de pruebas puedan adquirir un aprendizaje sólido que será interiorizado fácilmente.

*El profesor les planteará a los alumnos y alumnas la siguiente pregunta: **¿Qué ocurre en la cocina para que salga vapor de agua de la olla?***

Fragmento literal de la secuencia 1.

Para iniciar la actividad, expondremos un video de dibujos animados, protagonizado por una niña llamada Luna. Ésta es muy curiosa, y se pregunta por qué se empaña el espejo del baño cuando se ducha. Se proyectara hasta el minuto 3'25'', es decir, solo la parte del video donde se expone el hecho y se formula la pregunta. Seguidamente, trasladaremos esta misma pregunta a los estudiantes, intentando despertar la curiosidad por este fenómeno. Se espera que el alumnado se interese por esta cuestión, y se apropie de ella, dado que es un fenómeno muy cercano a su experiencia.

Bloque 2. Los estudiantes formulan y justifican hipótesis, comunican e intercambian ideas

La mayoría de las secuencia propuestas da respuesta explícita a la pregunta de indagación, hablamos del 97% de los trabajos analizados. Ahora bien, todas ellas hace que los estudiantes tomen un papel activo dentro de esta acción, pues es el discente quien construye dicha respuesta.

Vemos que los docentes en formación tiene presente que el alumnado es quien tiene que ir elaborando sus propias respuestas, a continuación recogemos un ejemplo de una de las secuencias analizadas.

Fragmento literal de la secuencia 33.

Dividiremos la clase en grupos reducidos y les dejaremos unos 15 minutos para que argumenten sus respuestas.

Los grupos dirán diferentes respuestas, pero nosotros nos centraremos en estas dos posibles respuestas:

- *Abrir la ventana para que el vapor se vaya.*
- *Poner el calefactor de aire caliente y con eso no se empaña.*

Es muy probable que los niños por si solos lleguen a estas respuestas debido a que es una acción cotidiana que realizan todos los días.

La justificación de las respuestas es una de las partes de más peso dentro de la puesta en práctica de las secuencias, pues no podemos trabajar con ideas dispersas. Encontramos que el 19% de los estudiantes en sus secuencias no deja paso a que se produzca la justificación.

Pero, es verdad, que el 81% de los que en sus secuencias piden que se justifiquen las respuestas para la pregunta de indagación, hacen especial interés en que sean los propios alumnos quienes lleven a cabo esta justificación.

Ejemplo de una de las secuencias que se preocupa por la justificación de las respuestas dadas:

Fragmento literal de la secuencia 5.

PASO 2) Los estudiantes formulan y justifican hipótesis, comunican e intercambian ideas.

ACTIVIDAD 2: En esta segunda actividad, agruparemos a los estudiantes en 6 equipos de 4 componentes cada uno. Cada equipo se reunirá durante 10 minutos y escribirá en un listado aquellos factores que sus miembros creen necesarios para que una nube descargue lluvia.

- Esta actividad se realizará a continuación de la actividad 1, dentro de la misma sesión para evitar que consulten fuentes externas y contaminen sus concepciones previas. Utilizaremos un folio, lápiz y goma de borrar.

- El profesor observará el desarrollo del proceso en cada uno de los grupos, y en caso de que fuera necesario, pasados 5 minutos les ayudará a orientar el tema con preguntas como: ¿Qué sustancia forma las nubes?, ¿el agua siempre se transforma en vapor?, ¿depende de si hace frío o calor?, ¿depende de lo altas o bajas que estén las nubes?...etc.

Es necesario que el programa de enseñanza se centre en este aspecto, pues es cierto, que en muchas de las secuencias que si justifican sus respuestas, simplemente sabemos que se justifican por que dice que justifiquen. Es en muy poca donde vemos procesos de justificación:

Fragmento literal de la secuencia 15.

A1.- Emisión de respuesta justificada a la cuestión ¿De dónde sale el líquido que queda al poner un vaso con una bebida fría en la mesa?

Se plantea la siguiente cuestión en gran grupo: ¿De dónde sale el líquido que queda al poner un vaso con bebida fría en la mesa?

El docente dará pie a un debate y pedirá al alumnado que justifique lo que ocurre, anotando en la pizarra las respuestas.

Volvemos a ver como aspectos importantes de este proceso científico como es la comunicación de las respuestas al resto pierde fuerza pues el 81% si comunican las

respuestas al gran grupo. El 19% de las relaciones de actividades pasan por alto este punto y directamente se ponen a trabajar con los diseños.

De ese 81% de las secuencias que comunican las respuestas al gran grupo, el 56% no la unifica en una sola respuesta para trabajar, por lo que en su puesta en práctica de la secuencia admite el poder trabajar con varias respuestas.

Fragmento literal de la secuencia 1.

Así mismo, no rechazaremos ninguna idea sino que seguiremos indagando hasta evidenciar las preconcepciones que subyacen en las respuestas de los estudiantes.

Iremos recogiendo en la pizarra las distintas hipótesis que vayan surgiendo, que podrían ser:

- *Depende de que la puerta del baño esté cerrada.*
- *Depende de que nos bañemos con agua caliente.*
- *Depende del vaho que exhala la persona al respirar.*
- *etc.*

2 A continuación, agruparemos a los estudiantes en función de la hipótesis defendida (de esta forma, conseguiremos mayor motivación por parte del alumnado en el desarrollo de la indagación posterior), y pediremos a los grupos que redacten su hipótesis, y que la argumenten (justificación de tipo descriptivo y/o explicativo).

Bloque 3. Los estudiantes buscan pruebas que apoyen o rechacen sus ideas

Observamos que hablamos de un porcentaje muy elevado de futuros docentes que en sus secuencias tiene presente la búsqueda de algún diseño para buscar pruebas, destinadas a dar validez a las hipótesis planteadas. Hablamos que el 91% de las programaciones de actividades tiene presente esta actividad, ahora solo el 33% aportar o busca algún diseño de búsqueda de pruebas, es llevado a cabo por los estudiantes.

De ese 33% de las secuencias que facilitaban al estudiante poder aportar algún tipo de diseño de búsqueda de pruebas solo el 20%, de esas programaciones mencionadas

anteriormente (seis secuencias), permite al discente poder comunicar al gran grupo los diseños con los que van a buscar las pruebas, para confirmar o rechazar sus hipótesis.

Son dos secuencias las que unifican en un solo diseño con el que trabajar la búsqueda de pruebas, es decir, el 6% de las programaciones que permiten la aportación de los diseños por parte del alumnado.

Fragmento literal de la secuencia 15.

A.2.- Diseño de experimento para demostrar las hipótesis previas.

Recordando la actividad del día anterior preguntamos al alumnado: ¿Cómo podríamos demostrar que el agua del exterior de un vaso frío ya existía o sale de dentro?, escribidlo en un documento y si es necesario completadlo con un dibujo.

A continuación se le pedirá que respondan a las siguientes cuestiones:

- 1. ¿El agua del exterior de la lata ya existía?, de ser así ¿Qué ha cambiado?*
- 2. ¿Qué ocurre a nivel energético?*
- 3. ¿Qué ocurre a nivel térmico?*
- 4. ¿Le ocurre algo a la lata? ¿Y a la bebida?*

Por último se le preguntarán si quieren cambiar algo del diseño de la actividad.

El docente debe prestar atención a las respuestas ya que es imprescindible que el diseño de los experimentos sea coherente con la pregunta realizada.”

Este hecho nos deja ver como parte de los estudiantes observan esta parte de la actividad como responsabilidad del que redacta la secuencia, pues es el 67% de estas secuencias donde dejan el peso de aportar el diseño de búsqueda de pruebas al profesorado.

“A5 Comprobación de la pregunta anterior (llevar a clase una botella de agua y un vaso, para comprobarlo)

Una vez justificada la hipótesis, en la clase siguiente, los niños y niñas deberán traer una botella de agua pequeña y un vaso de plástico para comprobar si al cambiar el agua de la botella al vaso, el agua cambia su forma o no. Una vez que ellos mismos lo han comprobado y han llegado a nuevas o a las mismas conclusiones, se debate en clase el tema para llegar todos a un acuerdo.

Ahora bien, observamos que el análisis de la coherencia entre el diseño y la hipótesis a contrastar es algo que los estudiantes no le han dado importancia. Pues no se puede trabajar la validez de las hipótesis formuladas con diseños que no son adecuados para contrastar las ideas. Solo el 15% de los trabajos analizados, analizan la coherencia entre el diseño presentado y la hipótesis formuladas. Es más, de ese porcentaje del que hablamos, el 100% realiza el análisis de coherencia entre hipótesis y diseño el profesorado. No hemos encontrado ninguna secuencia en la que este aspecto le dé un papel al alumnado para llevar a ejecutar dicho análisis.

En el ejemplo que marcamos a continuación vemos como esta actividad queda como notas dentro de la secuencia para el profesorado:

Fragmento literal de la secuencia 9.
<i>Un ejemplo que pondría un alumno es que si hay agua en el aire, porque cuando se quita las gafas y se las coloca cerca de la boca se empañan. Ese empañamiento es la comprobación que realiza el alumno para demostrar que hay agua en el aire.</i>
<i>En ese momento nosotros le debemos corregir, ya que esa prueba no comprueba que hay agua en el aire, sino que nosotros la creamos. Este error está bien que salga para que al alumnado le quede claro el concepto y a la misma vez le hacemos ver que todos los seres vivos crean agua.</i>

Una vez asumido el diseño que se va a llevar a cabo, dos secuencias de las treinta y tres son las que discuten el resultado que cabe esperar antes de poner en práctica el diseño de búsqueda de pruebas (6% de los programas de actividades). Además en ambas secuencias que presentan en esta característica, la acción es llevada a cabo por los estudiantes.

Adjuntamos un ejemplo de actividad de adelanto de resultados esperados antes de llevar a la práctica el diseño:

Además en ambas secuencias que presentan en esta característica, la acción es llevada a cabo por los estudiantes.

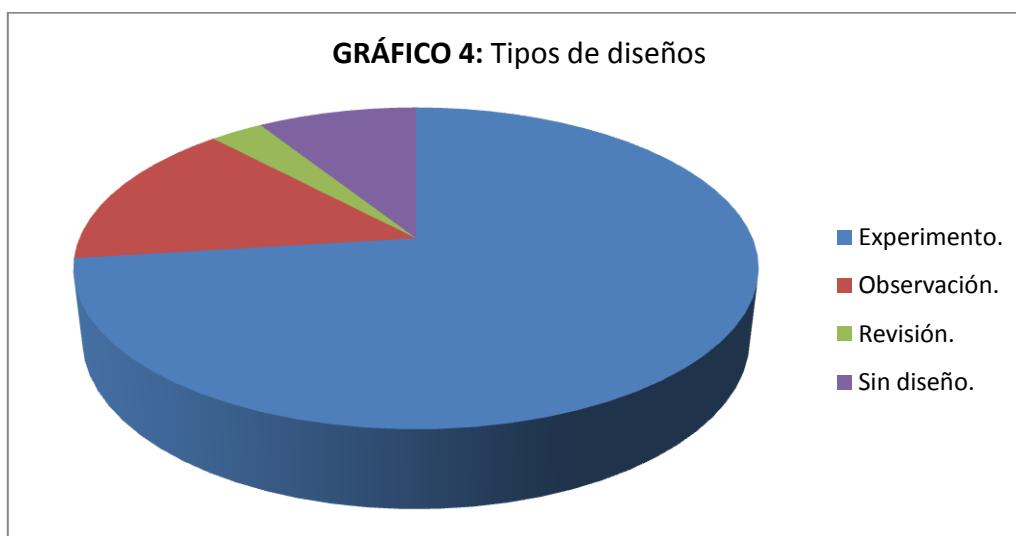
Fragmento literal de la secuencia 9.

Cogeremos dos recipientes y echaremos la misma cantidad de agua en ambos. Uno lo colaremos en una ventana (pero dentro de la clase) que dé el Sol durante cuatro días y el otro lo dejaremos en un sitio que esté completamente a la sombra, dentro de la clase. Después de esto lanzaremos la pregunta ¿En qué recipiente quedará menos agua?

Los niños tendrán que realizar hipótesis de lo que ellos creen que va a suceder y justificarlas. Pasados dos días, comprobaremos cómo va el proceso y si encontramos ya cambios significativos.

Lo que observamos a continuación, gráfico 4, es que el diseño de búsqueda de pruebas que más emplean los futuros docentes es la puesta en práctica de un experimento para poder comprobar las hipótesis (73% de los programas de actividades).

Lo que nos preocupa es el 9% de los trabajos realizados, por los estudiantes en formación, que no presentan ningún tipo de diseño para la búsqueda de pruebas de las hipótesis, que pudieran plantear al inicio de las secuencias.



Bloque 4. Los estudiantes comunican e intercambian ideas, argumentos y resultados

Retomando los resultados de la pregunta 3.1 y observando las secuencias que han aportado algún tipo de diseño de búsqueda de pruebas, solo el 84% de estas, obtienen resultados después de poner en práctica el diseño. La obtención de resultados siempre es llevada a cabo por los estudiantes que son los que realizan el diseño.

Una vez llegados a este punto de la secuencia de actividades y al análisis de las mismas observamos que solo el 45% de las actividades programadas presentan una actividad con el objetivo de analizar la validez de las hipótesis e ideas en las que se basa a la luz de los resultados obtenidos a partir del experimento puesto en práctica.

Ahora bien, se nos dan dos casos en el que sea el mismo profesor el que lleve a cabo este análisis (40% de las secuencias) o sea el propio discente el que tenga la oportunidad de hacerlo (60% de las secuencias).

Podemos enunciar que esta actividad ha cobrado poca importancia a la hora de que los estudiantes del curso de Ciencias Experimentales I plantearan y redactaran sus secuencias. Aspecto que debería de ser de peso dentro de esta modalidad de enseñanza, pues el aprendizaje carecería de fundamentación sin la realización de dicho análisis.

Ejemplos de análisis de la validez de la hipótesis e ideas en las que se basa a la luz de resultados extraídos de las secuencias:

Fragmento literal de la secuencia 27.
--

<i>Viendo esto los niños y niñas habrán comprobado que es el calor el principal causante de que la camiseta se seque.</i>

<i>El profesor explica que no es el Sol el que seca la camiseta, si no el calor que desprende.</i>
--

Fragmento literal de la secuencia 14.
--

<i>Los estudiantes comunican e intercambian ideas, argumentos y resultados.</i>
--

<i>3. HORA DE DEBATE. ¿QUÉ CONCLUSIONES HEMOS OBTENIDO?</i>
--

Con la finalidad de intercambiar ideas, argumentos y resultados, realizaremos una asamblea en la que cada grupo de tres alumnos expongan los resultados obtenidos, como han llegado a ellos y que conclusiones han obtenido.

De las secuencias que aportan algún tipo de diseño de búsqueda de pruebas, el 66% de ellas permite la oportunidad de comunicar al gran grupo los resultados y/o análisis realizados.

De estos programas de actividades que posibilitan la oportunidad de comunicarse con el gran grupo el 11% de dicha comunicación, la realiza el profesorado. La mayoría de estas (89% de las secuencias) permite que sea el propio alumnado el que tenga la oportunidad de expresarse con sus compañeros y compañeras de trabajo.

A continuación adjuntamos actividad en que el alumnado comunica los resultados y análisis del diseño realizado:

Fragmento literal de secuencia 32.

A7. *Comunicación de resultados a la clase a través de la realización de una presentación con el diseño de su experimento que incluirá:*

- *Hipótesis*
- *Justificación*
- *Búsqueda de pruebas*
- *Conclusiones*

Podrán aportar imágenes que apoyen lo expuesto

Bloque 5. Las conclusiones obtenidas son evaluadas a la luz de otras explicaciones alternativas, acercándose a explicaciones científicamente ya aceptadas

Observamos que a la hora de concluir secuencias IBSE, poco más de la mitad de la muestra, 57% de las secuencias, realizan una recapitulación explícita del trabajo realizado. Podemos enunciar que es un aspecto que falta por trabajar y poner más acento en la programación de futuros docentes.

Además se encuentra muy igualada la figura de quien realiza la recapitulación del trabajo o principales conclusiones, encontramos que es el 52% de las secuencias presentan al alumnado como responsable de construir las principales ideas del trabajo realizado.

Fragmento literal de la secuencia 10.

Actividad 9

Realiza un mural en pequeños grupos sobre el proceso que has realizado en las actividades anteriores, este deberá incluir las tres hipótesis seleccionadas, la contrastación de información con el experimento, las conclusiones obtenidas y por último la contrastación entre lo que pensabas y los experimentos realizados por el profesor.

La mayoría de las secuencias generadas por los futuros docentes no conectan sus explicaciones con un conocimiento científico más amplio. Solo el 36% de estas conectan sus conclusiones con alguna enseñanza científica más amplia. Aspecto que consideramos relevante para conseguir un conocimiento mucho más significativo para el alumnado.

Este sería un ejemplo claro de una actividad para conectar conclusiones con un conocimiento científico más amplio, extraído de las secuencias analizadas:

Fragmento literal de la secuencia 16.

“Los estudiantes obtienen conclusiones y las evalúan a la luz de otras explicaciones alternativas, acercándose a explicaciones científicamente aceptadas.

Tras la secuencia de actividades realizadas, se concluye que:

- *La temperatura influye en el cambio de estado de sólido a líquido. Como ocurrió en la actividad realizada con los cubitos de hielo de igual tamaño.*
- *El tamaño del objeto sólido influye en el tiempo que tarda en pasar de estado sólido a estado líquido. Lo comprobaron con la placa de hielo grande y el cubito de hielo pequeño.*

Después de las conclusiones, el profesor explicará en qué consiste el proceso de fusión

del agua, que no puede ser a cualquier temperatura, sino que el objeto sólido comienza a derretirse a partir de 0°.

Se presenta a los alumnos un vídeo sobre el proceso de fusión, que como hemos explicado anteriormente, hace que el objeto pase de estado sólido a estado líquido:

<https://www.youtube.com/watch?v=Av9Ie5QwNzA>

Este vídeo se presentaría principalmente para la aclaración de dudas y aprovecharíamos para comentar algunas ideas como por ejemplo, a qué temperatura tiene que estar el hielo para que su condición sea sólida, a qué temperatura se convierte en líquido, cuándo comienza a aumentar la temperatura etc...

Una vez conocido en qué consiste todo este proceso de fusión, introduciríamos dos imágenes en clase, correspondientes a un mismo iceberg. En esas imágenes se muestra como el estado del iceberg ha ido cambiando a lo largo de los años. Con lo cual les presentaríamos a los alumnos una serie de preguntas relacionadas con estas imágenes:



ANTES



AHORA

1. ¿Cómo ha cambiado el mismo iceberg a lo largo de los años?

2. ¿Ha cambiado de estado?

3. ¿Cómo se llama ese proceso de cambio de estado?

A continuación, lanzaríamos una pregunta que de un modo u otro abriera un nuevo debate relacionado con la ecología ambiental:

4. ¿Cuál creéis que es la causa de este cambio de estado en ese iceberg?

5. ¿Podemos hacer algo para impedirlo?

Por último, les mostraríamos un vídeo sobre un iceberg desprendiéndose para que sean conscientes de la situación actual. Este es el enlace al vídeo:

<https://www.youtube.com/watch?v=MIYhiNFXDJK>

El conocimiento construido o utilizado en la indagación es sólo una parte de un

conocimiento científico más amplio. Pretendemos saber si al final del proceso de indagación se plantea, aunque sea brevemente, la vinculación de ese conocimiento con esquemas más amplios.”

Capítulo 5

Conclusiones

5.1. Conclusiones y aportaciones realizadas

La aceptación generalizada del enfoque IBSE para la enseñanza de las ciencias ha generado un vivo debate para delimitar qué debe entenderse por dicho enfoque y, en particular, sobre el papel de los modelos y grandes ideas de manera que en la práctica de la enseñanza IBSE no se reduzca a un conjunto de actividades manipulativas. Sin duda, el debate sería más riguroso si estuviese apoyado no en sensaciones o impresiones sino en datos referidos a las características de la IBSE que reciben más atención en las secuencias de enseñanza que se agrupan bajo el término IBSE.

Con la intención de hacer una aportación para esa búsqueda de datos, nos hemos planteado en nuestro trabajo un doble objetivo:

- 1. Construir un cuestionario válido y fiable para analizar secuencias de enseñanza desde la perspectiva de la indagación.**
- 2. Aplicar ese cuestionario para analizar las propuestas de enseñanza de los docentes en formación inicial.**

Con respecto al primer objetivo, hemos construido un cuestionario cuyo contenido está basado en la revisión bibliográfica realizada y en la opinión de dos expertas, y cuya fiabilidad ha sido estudiada a través de la participación de un total de tres

expertos que aplicaban el cuestionario y después analizaban y consensuaban las discrepancias con el investigador. El resultado obtenido es un cuestionario formado por quince ítems de respuesta dicotómica (excepto uno de ellos) que hacen referencia tanto a las actividades propias de la indagación como al grado de dirección y a la comunicación entre los estudiantes, acompañado de un guión explicativo de lo que se busca en cada ítem incluyendo orientaciones sobre el criterio para responder en un sentido u otro.

Con respecto al segundo objetivo, el cuestionario ha sido aplicado a una muestra formada por 33 secuencias de enseñanza elegidas al azar de entre las propuestas por docentes en formación inicial, en particular los que cursan la asignatura de Didáctica de las Ciencias Experimentales I en 2º curso de la titulación de Maestro/a de Educación Primaria en la U. de Almería. Esa aplicación reiterada nos ha permitido comprobar la utilidad del cuestionario construido aunque hemos de reconocer que en ocasiones se genera un espacio de incertidumbre sobre el sentido de la respuesta a algunos ítems, lo que por otra parte parece lógico al analizar textos amplios y libres.

En relación con los resultados del análisis de esas secuencias, hemos identificado que en el curso de formación inicial, en mayor porcentaje se han obtenido unos buenos resultados de enseñanza IBSE. Aunque es cierto que conforme se avanza en las secuencias, vemos como en muchas de ellas, pierde peso el continuar trabajando con la hipótesis (ítems 3.1 y 4.2).

Consideramos que las secuencias empiezan muy bien estructuras, con la idea de una pregunta que da cuerpo a lo que será la construcción del conocimiento científico. Encontramos que la mayoría de las propuestas busca una respuesta explícita de la pregunta plantada, por lo que concluimos que los docentes en formación en esta actividad sí dejan un papel activo al alumnado. Pero que conforme se adelantan en el programa de actividades, el rol activo del alumnado va perdiendo peso y el profesorado es quién toma decisiones y construye ideas (ver gráfico 3).

Al trabajar con secuencias IBSE no podemos dejar ideas dispersas, por lo que la justificación de estas, es uno de los pilares dentro del aprendizaje. Pues tras el curso de

formación parte de las secuencias no buscan la justificación de las respuestas (ver Bloque 2 en el apartado 4.2)

Observamos que también existe un especial interés por dar respuesta a la pregunta planteada, pero no por conectar ese aprendizaje a conocimientos científicos más amplios (ver resultado ítem 5.2, gráfico 2).

Otro aspecto que nos ha llamado verdaderamente la atención es que la mayoría de las secuencias, presentan un diseño de búsqueda de validación de sus hipótesis mediante un experimento. El dato de peligro es el pequeño porcentaje de secuencias que no presentan ningún tipo de diseño de búsqueda de pruebas (ver gráfico 4).

Para apoyar todas estas ideas hemos mostrado también fragmentos literales, de las secuencias aportadas por los estudiantes en formación, que ayudan a entender el sentido del ítem y la forma en que los estudiantes han entendido esa característica IBSE a lo largo del curso en formación. Por falta de tiempo hemos tenido que renunciar a valorar el programa de enseñanza a partir de esos resultados, nuestro trabajo se ha limitado a aportar información que puede ser útil para los responsables de dicho programa formativo.

5.2. Líneas futuras de continuación del trabajo

El problema que ha dado origen a esta investigación es de gran envergadura: diseñar una herramienta que proporcione información objetiva sobre las características más frecuentes y menos frecuentes de las secuencias de enseñanza que interpretan el enfoque IBSE. Como no podía ser de otra manera, nuestra aportación no cubre, ni mucho menos, esa necesidad. Valoramos nuestro cuestionario como un borrador inicial que ha permitido al investigador familiarizarse con las técnicas de diseño de este tipo de herramientas, en particular, con las técnicas para la validación del contenido y la fiabilidad.

Consideramos que el diseño de un cuestionario suficientemente validado y fiable requiere de una profunda ampliación y revisión del trabajo realizado. En concreto, debería realizarse una revisión bibliográfica mucho más amplia y detallada así como la participación de un mayor número de expertos.

El cuestionario construido debería, además, utilizarse de forma piloto en el análisis del trabajo en el aula cuando se usan las secuencias pues un inconveniente que hemos encontrado es que a veces las secuencias no son lo suficientemente explícitas como para responder con claridad a todos los ítems. A ello hay que añadir, además, que la caracterización de lo que se entiende realmente por enseñanza IBSE debe realizarse a partir de lo que realmente se hace en las aulas y no de lo que se escribe, que se hace o se va a hacer.

Por otra parte, el cuestionario así pensado sólo cumple un papel de diagnóstico de carácter externo. Una información más relevante procedería de entrevistas con profesores que ayuden a comprender las razones que llevan a priorizar unas características de la IBSE sobre otras.

Con vista a futuros trabajos se podría ampliar el cuestionario con una segunda parte evaluadora del proceso científico que se está llevando a cabo en cada secuencia IBSE (método científico).

Para finalizar nosotros este trabajo, buscamos realizar la publicación del mismo en una revista de impacto, con el fin de que expertos puedan continuar con el trabajo. Pues del mismo, podemos sacar dos publicaciones muy interesantes con las que aportar nuevas ideas y con las que empezar a trabajar en el mundo de la indagación, como ya hemos mencionado queda un largo camino por andar, para poder mejorar el cuestionario.

5.3. Reflexión y valoración crítica

Con la elaboración de este trabajo he podido terminar un proceso de aprendizaje que comencé en segundo de Grado de Educación Primaria. Con ello, no me refiero a estar preparado para poder elaborar y poner en práctica secuencias IBSE, pues es un trabajo que a día de hoy está todavía por limar muchas asperezas, sino que he podido vivir más de cerca experiencias mediante indagación. Aspecto que considero fundamental en cualquier asignatura o curso que este destinado a los docentes, las prácticas resultan mucho más efectivas que las bibliografías a leer.

Un Máster de Investigación y Evaluación Educativa como es el caso de este, no puede dar tanto peso al Trabajo Fin de Máster, en adelante TFM, sin unas prácticas. Es un máster muy teórico y que el TFM, que considero que es la pieza de más peso del Máster, se vea obstaculizada por muchas asignaturas que se alejan de nuestro campo de investigación, obstaculiza durante el curso las prácticas de investigación.

Aun así con la elaboración de estas investigación he podido ver la importancia de la investigación y evaluación en los programas que se están realizando y llevando a cabo, en concreto los de ciencia, pues los errores pueden hacer perder el entusiasmo al alumnado o llegar a producir ideas equivocadas en el conocimiento de la clase. En conclusión, las investigaciones y la evaluación nos pueden ayudar a mejorar siempre nuestras puestas en práctica dentro de las aulas.

Bibliografía

Abril, A.M., Ariza, M.R., Quesada, A. y García, F.J. (2014). Creencias del profesorado en ejercicio y en formación sobre el aprendizaje por investigación. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 11(1), 22-33.

Barrow, L. H. (2006). A brief history of inquiry: from Dewey to Standards. *Journal of Science Teacher Education* 17, 265-278

Ferrés, C., Talladas, A.M. y Sanmartí, N. (2015). Trabajos de indagación de los alumnos: instrumentos de evaluación e identificación de dificultades. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 12(1), 22-37.

Artigue, M., Baptist, P., Dillon, J., Harlen, W. & Léna, P. (2010). *Fibonacci Project. Disseminating Inquiry-Based Science and Mathematics Education in Europe. Scientific Background*. Último acceso el 20 de mayo de 2015 desde <http://www.fibonacci-project.eu/>

Furió, C., Payá, J. y Valdés, P. (2005). "¿Cuál es el papel del trabajo experimental en la educación científica?", en Gil, D. *et al.* (eds.): *¿Cómo promover el interés por la cultura científica?* Santiago de Chile. OREALC/UNESCO.

- Garrido-Espeja, A. (2012). *Visió del professorat de ciències de secundària en formació sobre la competència d'ús de proves científiques* (Master's thesis). Barcelona: Universitat Autònoma de Barcelona. Disponible en línea: www.crecim.cat.
- Gil, D., Sifredo, C., Valdés, P. y Vilches, A. (2005). ¿Cuál es la importancia de la educación científica en la sociedad actual? En: *¿Cómo promover el interés por la cultura científica?* Santiago de Chile: OREALC/UNESCO.
- Harlen, W. et al. (2010). *Principios y grandes ideas de la educación en ciencias*. www.ase.org.uk/home/ <http://innovec.org.mx/home/>
- Hernández, M.I., Couso, D., Pintó, R. (2014). Analyzing Students' Learning Progressions Throughout a Teaching Sequence on Acoustic Properties of Materials with a Model-Based Inquiry Approach. *Journal of Science Education and Technology*, Published online: jul 2014.
- Jiménez Aleixandre, M.P. (2010). *10 ideas clave. Competencias en argumentación y uso de pruebas*. Barcelona: Ed. Graó.
- Jiménez Liso, M.R. et al. (2015). *Sal en las carreteras con nieve*. Documento sin publicar del Proyecto de Excelencia Sensociencia (P11-SEJ-7385) de la Junta de Andalucía.
- Khan, S. (2007). Model-based inquiries in chemistry. *Science Education*, 91 (6), 877-905. <http://dx.doi.org/10.1002/sce.20226>
- Liston, D.P. y Zeichner, K.M. (1993). *Formación del profesorado y condiciones sociales de la escolarización*. Madrid: Paideia – Morata. Último acceso 10/07/15 desde: https://books.google.es/books?id=pO0pkkPmC_cC&printsec=frontcover&hl=es&source=gbg_summary_r#v=onepage&q&f=false
- Marco, B. (2000). La alfabetización científica. En: Perales, F. y Cañal, P. (Eds.): *Didáctica de las Ciencias Experimentales*, 141-164. Alcoy: Marfil.

Martínez Chico, M. (2012). *Formación inicial de maestros/as para la enseñanza de las ciencias. Opiniones de docentes en activo y de expertos en Didáctica de las Ciencias*. TFM publicado por la Editorial Universidad de Almería.

Martínez Chico, M. (2013). *Formación inicial de maestros para la enseñanza de las ciencias. Diseño, implementación y evaluación de una propuesta de enseñanza*. Almería: Editorial U. de Almería.

Martínez Chico, M., Jiménez Liso, M. R. y López-Gay, R. (2015) Efecto de un programa formativo para enseñar ciencias por indagación basada en modelos en las concepciones didácticas de los futuros maestros. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 12, 149-166.

NRC (National Research Council) (2000). *Inquiry and the National Science Education Standards: A Guide for Teaching and Learning*. Washington, DC: National Academy Press.

OECD (2007). *PISA 2006. Science competencies for tomorrow's world*. París, OECD

Pollen Project (2006). *Seed Cities for Science a community approach for a sustainable growth of science education in Europe*. Último acceso el 16 de mayo de 2015 desde: <http://www.pollen-europa.net>

Puente, J. (2008). PISA 2006: resultados españoles en ciencias. *Alambique*, 57, 12-22.

Reid, D. V. y Hodson, D. (1993). *Ciencia para todos en secundaria*. Madrid: Narcea

Rodríguez-Simarro, C. (2011). *Visions del professorat de ciències sobre el treball experimental a les etapes de transició entre primària i secundària: Anàlisi des d'un marc d'indagació*. TFM disponible en línea: <http://www.uab.cat/servlet/BlobServer?blobtable=Document&blobcol=urldocument&blobheader=application/pdf&blobkey=id&blobwhere=1331797233918%20&blobnocache=true>.

- Rocard, M. *et al.* (2007). *Science Education Now: A Renewed Pedagogy for the Future of Europe*. European Commission.
- Sanmartí, N. (2012). Enseñar a plantear preguntas investigables. *Alambique*, 70, 27-36.
- Schwarz, C.V. y Gwekwerere, Y.N. (2007). Using a guided inquiry and modeling instructional framework (EIMA) to support preservice K-8 science teaching. *Science Education*, 91, 158-186. <http://dx.doi.org/10.1002/tea.20311>
- Simarro, M. y Couso, D. (2013). *Visiones del profesorado de ciencias sobre el trabajo experimental: análisis desde un marco de indagación*. Actas del IX Congreso Internacional sobre Investigación en Didáctica de las Ciencias, 3332-3338.
- Stewart, J., Cartier, J.L. y Passmore, C.M. (2005). Developing understanding through model-based inquiry. En: M.S. Donovan y J.D. Bransford (eds.). *How students learn*. Washington D.C.: National Research Council, 515-565.
- Viennot, L. (2011): Els molts reptes d'un ensenyament de les Ciències basat en la indagació: ens aportaran múltiples beneficis en l'aprenentatge? *Ciències*, 18, 22-36.
- Windschitl, M. y Thompson, J. (2006). Transcending simple forms of school science investigations: Can pre-service instruction foster teachers' understandings of model-based inquiry? *American Educational Research Journal*, 43(4), 783-835.
- Windschitl, M., Thompson, J. y Braaten, M. (2008). Beyond the scientific method: Model-based inquiry as a new paradigm of preference for school science investigations. *Science Education*, 92 (5), 941-967.
- Worth, K., Duque, M. y saltiel, E. (2009). *Designing and implementing inquiry-based science units for primary education*. The Pollen Project. Acceso en línea: www.pollen-europa.net

Anexos

Anexo 1

Secuencias para el proceso de validación por las expertas

Germinación de la bellota (edades: 3-5)

- **Resumen:** Los niños estudian la germinación de las bellotas recogidas en el bosque y después las siembran en un cubo con piedras o en un cubo con tierra.
- **Objetivo:** Darse cuenta de que la germinación es un fenómeno que se puede encontrar en la naturaleza, sin intervención humana.
- **Conceptos clave:** Observación de las características de los organismos vivos
- **Duración:** 6 sesiones aproximadamente
- **Materiales:** Bellotas, agua, regadera, tierra, piedras, cubos.
- **Situación Problema:** ¿En qué se convierten las bellotas?

Ir al bosque a recoger bellotas (gran grupo)

- *Observan los cambios en comparación con nuestra última salida en otoño.* [Los niños descubren bellotas (y se supone que se les pregunta): "¿qué es esto?", "¿son todas iguales?", "¿dónde se encuentran?", "¿por qué están aquí?"]
- *Pueden recoger todo lo que encuentren bajo los árboles de roble.*

Clasificar lo que hemos reunido (pequeños grupos) [Los niños vacían sus bolsas y colocan su contenido en cuatro grandes cajas blancas, etiquetadas como: bellotas, musgo, hojas, otros.]

Observar las bellotas (pequeños grupos)

- *Descripción* ["son de color marrón", "algunas tienen algo que sale de ellas", "otros están rotas", "están cerradas", "ésta está podrida", "tienen un trozo rojo", "tienen una cola"...]
- *Se dividen en dos familias: las que tienen algo saliendo de ellas y las demás* [Léxico: a lo que sale de la bellota se le llama brote]
- *Dibujan dos bellotas, una con brote y otra sin brote*

¿Por qué algunas bellotas tienen un brote?

- *¿Por qué algunas bellotas tienen un brote?* ["es lo que les une al árbol", "van a crecer", "son raíces", "para crecer en la tierra", "para hacer flores"]
- *¿Por qué otras bellotas no tienen brote?* ["perdieron su cola", "perdieron su cáscara", "están podridas", "están rotas"]

Una breve historia de las bellotas

- *¿De dónde vienen? ¿Dónde las encontramos?* ["vienen del bosque que hay antes de nuestra escuela", "las encontramos en el suelo", "estaban en el musgo", "estaban en los árboles", "estaban donde los robles"]
- *¿Para qué se usan las bellotas?* ["para recogerlas", "para sentirte bien", "como alimento animal"... "para hacer árboles", "no tienen ningún uso"... "para convertirse en un árbol en el aula", "para hacer crecer flores, árbol, arbusto..."]

¿Cómo podemos saber si las bellotas pueden crecer?

- *Hipótesis¹ enunciadas por los niños* ["hay que ponerlas en un cubo", "hay que ponerlas en tierra", "hay que ponerlas en piedras", "hay que poner en el agua"]

¹ Aunque dice literalmente hipótesis, creo que aquí se refiere a pruebas (la hipótesis es que las bellotas pueden crecer)

- *¿Qué materiales son necesarios para llevar a cabo este experimento?* [“tierra o piedras”, “un cubo”, “una pala”, “una regadera”]

Se decidió que algunas bellotas se pondrían en el cubo de piedras, y otras en el de tierra.

- *Implementación del experimento: realizar el experimento, dibujar (ver resultados más abajo), imaginar lo que va a suceder.*

Observaciones después de dos semanas

- *Observación y descripción verbal* [“las bellotas en el cubo de piedras no crecieron”, “quizás no esperamos el tiempo suficiente”, “está demasiado seco”, “las piedras son demasiado grandes”, “las bellotas en el otro cubo sí crecieron”, “algunas parecen lo mismo”, “hay hojas”]

<p>Los niños dibujan lo que ven, anotando la fecha y el número de bellotas que crecían con hojas.</p>	<p>La clase hace un cartel de grupo, con fotografías.</p>
<p>Dessine les glands qui ont poussé : dans les cailloux : dans la terre : Marion (MS) 10 février 1998</p>	<p>Constatations au 5/2/98</p> <p>3 glands ont poussé dans le seau de terre</p>
<p>Dessine les glands qui ont poussé : dans les cailloux : dans la terre : Maxime (MS) 6 février 1998</p>	<p>Aucun gland n'a poussé dans le seau de pierres</p>

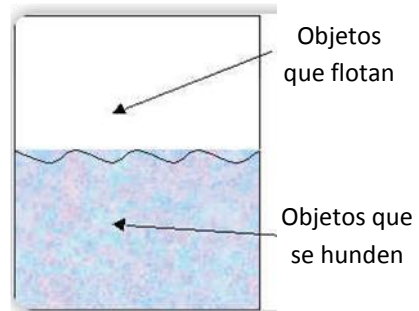
Flota o se hunde (edades 5-7)

Módulo de siete secuencias (es el término literal, que parece entenderse como conjuntos de actividades) para estudiar las condiciones de flotabilidad de varios objetos. Los estudiantes aprenderán que no es una cuestión de masa sino más bien del volumen. Se distinguirá entre flotación en agua dulce y agua salada.

1. Pretest

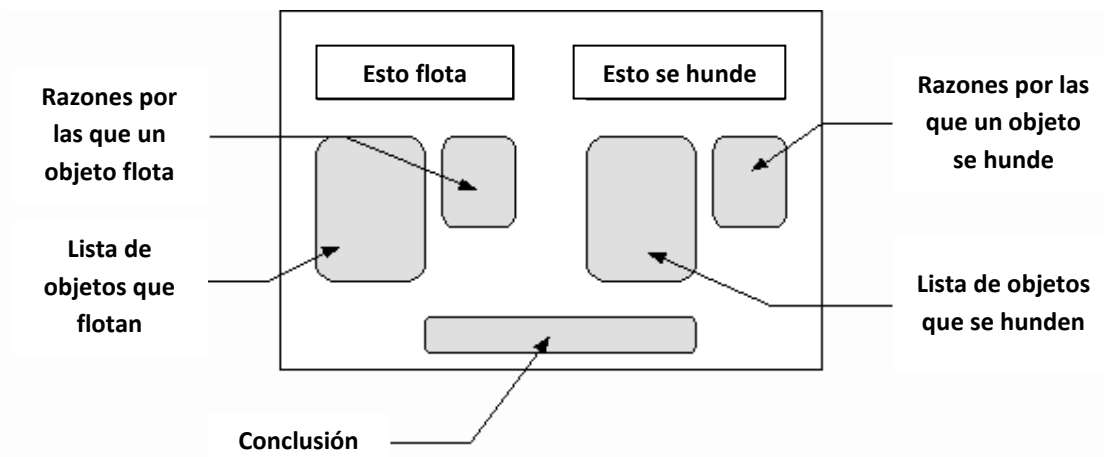
Objetivo: Sacar a la luz las preconcepciones de los niños sobre qué flota y qué se hunde, así como los criterios de flotabilidad.

Sesión 1: La sesión comienza con una discusión: ¿qué es flotar?, ¿conoces objetos que flotan?, ¿qué es lo contrario de flotar? Después se muestra a los niños una serie de objetos cotidianos (lápiz, tijeras, clavo, trozo de madera, de goma, de corcho, de roca, de plástico, etc.) y se les pide que dibujen los objetos que flotan y los que se hunden en un dibujo como el de la figura.



Al final de la sesión se reúnen todos los resultados. La discusión puede centrarse, por ejemplo, sobre dónde están colocados los objetos en el dibujo.

Sesión 2: Después de revisar los resultados de la sesión anterior, para comprobar las hipótesis de los niños comienza la experimentación. Al final de la sesión, se lleva a cabo una discusión para identificar criterios de flotabilidad: cada uno de los objetos usados es reconsiderado y se le pide a los niños que expliquen por qué pueden flotar cada uno. Para concluir la sesión, se puede hacer un póster resumen con los niños:

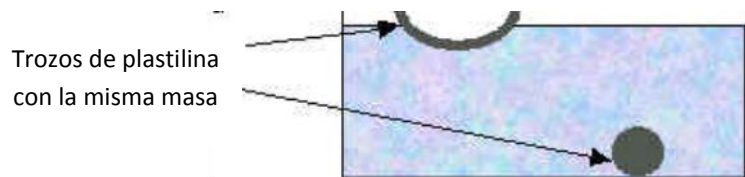


La conclusión resaltarán los criterios más importantes, desde el punto de vista de los niños, para decidir si un objeto flotará o se hundirá (material, masa del objeto, forma, cantidad de agua...)

2. ¿Cómo influye la forma de un objeto en su flotabilidad? [Dos objetos con la misma masa no tienen necesariamente la misma flotabilidad. Depende de su forma]

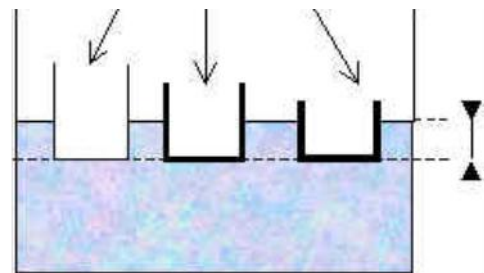
Objetivo: Comparar la flotabilidad de dos objetos con la misma masa pero diferente forma y, de paso, aludir a la influencia del espacio ocupado por el objeto en el agua.

Sesión 3: A los niños se le preguntó: "¿En tu opinión, si dos objetos tienen la misma masa y uno se hunde, lo hará el otro también?". Los niños experimentan en grupos. Utilizan la balanza para formar trozos de plastilina con la misma masa y se les pide que hagan piezas que floten.



Los niños discuten en pequeños grupos, y después en grupo clase, para intentar explicar el experimento. La discusión se refiere brevemente al espacio ocupado por el objeto en el agua, que varía dependiendo de la forma del objeto. El concepto de volumen sumergido puede ser "traído" mediante el modelado de varias formas de diferentes alturas, pero idéntica masa, usando un molde (por ejemplo, un tarro de mermelada).

Tres trozos de plastilina con la misma masa



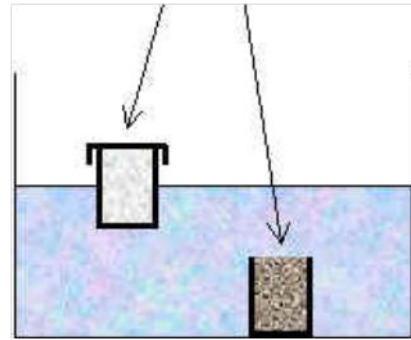
3. ¿Cómo influye la masa de un objeto en su flotabilidad? [Dos objetos de la misma forma (idéntica forma externa), pero diferente masa, no tienen la misma flotabilidad]

Objetivo: Comparar la flotabilidad de los objetos con la misma forma y volumen, pero diferente masa.

Sesión 4: En primer lugar, se les pregunta a los niños si dos objetos de la misma forma y volumen, pero diferente masa, flotan igual. Los niños observan y manipulan 7 botes (de película fotográfica), que están vacíos y cerrados. Todos ellos flotan de la misma forma. Luego, se les pide que diseñen un experimento en el que puedan comparar la flotabilidad de objetos de la misma forma, pero diferente masa. Se les muestran diferentes materiales que pueden

utilizar (arena, semillas, arroz, harina, algodón, plastilina, etc.). Los niños discuten en grupos. Deben recordar que han de llenar los botes completamente, sea cual sea el material utilizado. Después se les pide que predigan lo que sucederá cuando se pongan los botes en el cubo con agua y que comprueben si sus predicciones son correctas sumergiéndolos en el agua. (Se puede usar una balanza para comparar la masa de cada bote).

Botes llenos con diferentes materiales



4. ¿Cómo influye el agua en la flotabilidad de un objeto? [El agua influye en el objeto sumergido. Empuja hacia arriba al objeto que rodea]

Objetivo: Demostrar la acción del agua sobre un objeto que flota: "empuja" hacia arriba al objeto que rodea.

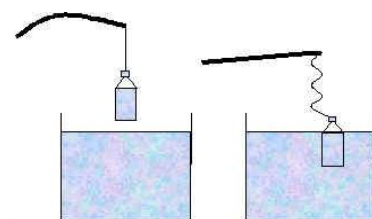
Sesión 5: Al comienzo de la sesión, se pide a los niños que expresen lo que piensan sobre cómo afecta el agua a la flotabilidad de un objeto. ¿El agua no tiene ningún efecto? ¿Afecta sólo a los objetos que flotan o afecta a todos los objetos? ¿También afecta a los objetos que se hunden?

Se ofrece a los niños la oportunidad de trabajar en una serie de tres talleres, para observar el efecto que el agua tiene sobre un objeto en cada situación. Después de cada taller, los niños sugieren explicaciones.

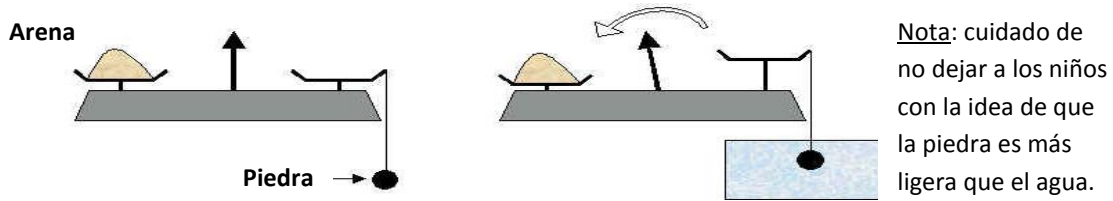
Taller 1: El niño sumerge una pequeña botella (0,33 – 0,5 L) de plástico vacía cerrada, entonces la suelta. La botella es rápidamente empujada arriba. El agua ejerce una fuerza hacia arriba sobre el objeto que flota.



Taller 2: Una pequeña botella llena de agua o arena se ata a una caña de pescar. Cuando se sumerge en el agua, es perceptible que la botella tira menos de la cuerda. Este experimento permite a los estudiantes comprender la acción del agua sobre un objeto que se está hundiendo.



Taller 3: Los niños deben de equilibrar la balanza como se muestra en el dibujo, y luego ver cómo se modifica el equilibrio cuando la piedra se sumerge en un recipiente lleno de agua.



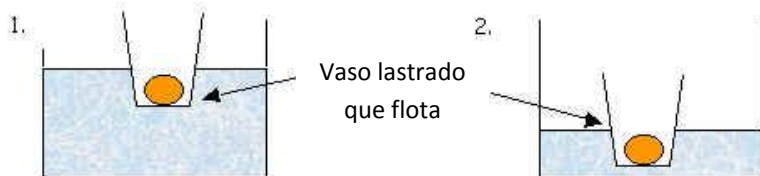
Termine la sesión poniendo en común todos los comentarios para mostrar el papel del agua en un objeto sumergido.

5. ¿Cómo influye la cantidad de agua en la flotabilidad? [La cantidad de agua no tiene ninguna influencia en la flotabilidad de un objeto]

Objetivo: Observar la influencia de la cantidad de agua en la flotabilidad de un objeto.

Sesión 6: Inicialmente, cada niño escribe lo que piensa sobre cómo influye la cantidad de agua en la flotabilidad. Después de poner en común las opiniones a través de un "debate", los niños tienen que diseñar y llevar a cabo un experimento que muestre el papel de la cantidad de agua sobre un objeto que flota. Los niños pasan a la etapa de experimentación. Lastran (equilibran) el vaso de plástico con

plastilina para conseguir un objeto flotante, y hunden el mismo vaso primero en un recipiente con mucha agua y después en otro con poca agua.



Primero observan y después dibujan el nivel de inmersión.

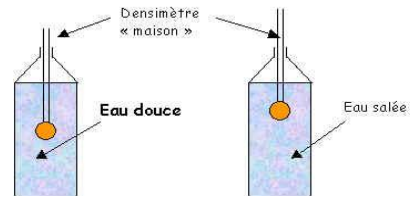
Nota: el experimento puede repetirse con un objeto que se hunde. La expresión "cantidad de agua" puede sustituirse por "profundidad del agua".

6. ¿Cómo influye el líquido en la flotabilidad? [Un objeto flota más fácilmente en agua salada que en agua dulce]

Objetivo: abordar el concepto de densidad de un líquido. El estudio se limitará a dos ejemplos, agua dulce y agua salada

Conceptos blanco: El mundo de la materia y los objetos. El agua en la vida cotidiana.

Sesión 7: Al empezar la sesión, los niños dan su opinión sobre la diferencia de flotabilidad en el agua dulce y salada. Después de explicar lo que es un densímetro (en este caso, será una pajita lastrada con plastilina de manera que flote), cada grupo de niños construye un densímetro casero y lo sumergen en una botella de agua dulce y una botella de agua salada.

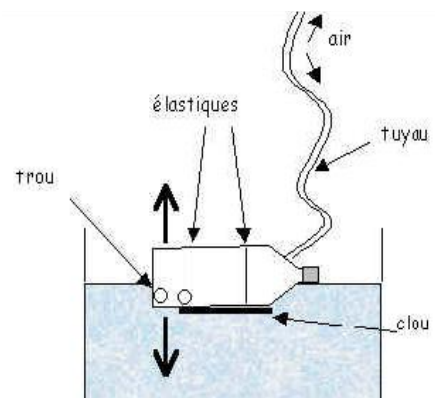


Los niños representan sus observaciones en un dibujo y buscan una explicación.

7. La construcción de un submarino [Construcción de un submarino, importancia de un objeto que alternativamente puede flotar o hundirse]

Objetivo: Diseñar y construir un objeto que alternativamente puede flotar o hundirse. Repaso de los conceptos tocados previamente.

Sesión 8: El maestro comunica a la clase que cada grupo debe diseñar y producir un objeto que alternativamente flote o se hunde. "¿Conoces algunos objetos que pueden tanto flotar como hundirse?": Los submarinos. Después de discutir cómo funcionan los submarinos, fijándose especialmente en el uso de depósitos que se llenan con aire o agua (lastres), a cada grupo se le ocurre su propio modelo entrando así en la etapa de diseño. Se deben realizar agujeros en la botella de plástico (0.33 L) para que pueda llenarse de agua o aire a través de un tubo (diámetro 6 mm). Se usa un largo clavo de acero como lastre para facilitar la inmersión.



También puede sugerirse un protocolo de submarino diseñado por el profesor para que los niños construyan su submarino.

Anexo 2

Primera versión del guión para la aplicación del cuestionario

Un problema o pregunta científica involucra a los estudiantes y da sentido a la enseñanza

1.1. ¿Se plantea una pregunta o problema?, ¿quién?, ¿cuál es su enunciado?

Se pretende identificar la pregunta o problema sobre la que se va a realizar la indagación. A veces la secuencia se inicia con una pregunta más general (por ejemplo: ¿para qué sirven los captadores solares en las azoteas?, ¿cuál es su importancia?, ¿cómo deben colocarse?) que después se concreta en la pregunta que va a ser objeto directo de indagación (¿cómo cambia la trayectoria diaria del Sol a lo largo del año?).

Es esta última la que intentamos localizar. Enunciaremos de la forma más fiel posible el enunciado de la pregunta.

1.2. ¿Se facilita su apropiación a los estudiantes?, ¿cómo?

Antes de la pregunta final objeto de indagación pueden realizarse actividades o aportar información que sirva para contextualizar y/o resaltar el interés del objeto de indagación. Por ejemplo, la discusión sobre el cambio climático (a través de una explicación del profesor, la visualización de imágenes, la lectura de

un texto...) puede facilitar que se apropien de la pregunta sobre la trayectoria diaria del Sol. Otro ejemplo: la discusión sobre las gotas de lluvia puede finalizar en la pregunta sobre la caída vertical de objetos. O una salida al campo o visita a un centro puede dar lugar a una pregunta de indagación... Si la respuesta es afirmativa, describiremos brevemente cómo se facilita esa apropiación.

Los estudiantes formulan y justifican hipótesis, comunican e intercambian ideas

2.1. ¿Se aportan respuestas a esa pregunta?, ¿quién?

Pretendemos reconocer si la pregunta recibe una respuesta explícita, ya sea del propio texto o profesor o por parte de los estudiantes. Aunque parece una evidencia, es posible que en ocasiones se pase directamente de la pregunta al experimento, sin una discusión previa que le dé sentido.

2.2. ¿Se justifican las respuestas?, ¿quién?

Entendemos que una respuesta está justificada si se aportan las razones de por qué se piensa lo que se piensa.

Esta justificación puede ser de bajo nivel, basada en conocimiento empírico o informaciones puntuales recibidas, o de un nivel más alto basada en modelos más o menos elaborados. Nos interesa saber si la secuencia permite que se justifiquen esas respuestas, y si esa justificación la deben hacer los propios estudiantes o la realiza directamente el texto o el profesor.

2.3. ¿Se comunican respuestas al gran grupo?, ¿se unifican en una sola?

En el caso de que sean los estudiantes los que enuncian las hipótesis (ver 2.1), y sólo en ese caso, queremos saber si esas respuestas son comunicadas al resto del grupo de clase (dando con ello la oportunidad de que sean criticadas y valoradas). En el caso de que así se haga, queremos saber también si finalmente se concluye en una sola hipótesis que guiará el resto de la indagación o si se mantienen diferentes hipótesis (complementarias en ocasiones, opuestas en otras).

Los estudiantes buscan pruebas que apoyen o rechacen sus ideas

3.1. ¿Se aporta algún diseño de búsqueda de pruebas?, ¿quién?

Pretendemos saber si se plantea algún procedimiento para buscar pruebas destinadas a confirmar la validez de las hipótesis, algo que esperamos que suceda en la mayoría de las secuencias aunque quizás en algunas se pase por alto y se entre directamente en analizar resultados que se presentan. Además, queremos saber si hay oportunidades de que los estudiantes aporten sus propios diseños (con independencia de que sean los que finalmente se utilicen) o es el texto o profesor el que plantea directamente el diseño.

3.2. ¿Se comunican los diseños al gran grupo?, ¿se unifica en uno solo?

En el caso en que se pida a los estudiantes que aporten sus propios diseños (ver 3.1), y sólo en ese caso, queremos saber si deben presentarlo al grupo de clase (permitiendo posiblemente que sean valorados y criticados). En caso afirmativo, queremos saber también si finalmente se concluye en un diseño común que será el que se lleve a cabo.

3.3. ¿Se analiza la coherencia entre el diseño y la hipótesis a contrastar?, ¿quién?

Muchas veces el diseño propuesto para buscar pruebas no es el adecuado para contrastar la hipótesis que se ha formulado; no es una tarea sencilla ni evidente. Queremos saber si se analiza esta adecuación, aunque el diseño haya sido propuesto por el texto o el profesor. En caso afirmativo, queremos saber si ese análisis lo realizan los estudiantes o lo hace directamente el texto o el profesor.

3.4. ¿Se discute el resultado que cabe esperar?, ¿quién?

Una vez asumido el diseño que se va a llevar a cabo, queremos saber si se adelantan los resultados que cabría esperar y que nos van a permitir confirmar o rechazar la hipótesis formulada. De nuevo, esa discusión puede ser realizada directamente por el texto o pueden ofrecerse oportunidades a los estudiantes para que adelanten los resultados esperados. Debemos aclarar que este ítem es

distinto del anterior, pues mientras allí se trataba de analizar en qué medida el diseño realizado sirve para contratar la hipótesis, en este caso se trata de adelantar un resultado, y son dos acciones que no deben suponer una a la otra.

3.5. ¿Cuál es el tipo de diseño aportado: experimento, observación, búsqueda de información?

Se trata simplemente de caracterizar el tipo de diseño que se va a poner en práctica.

Los estudiantes comunican e intercambian ideas, argumentos y resultados

4.1. ¿Se obtienen resultados después de poner en práctica el diseño?, ¿quién?

Queremos saber si se pone en práctica el diseño y se obtienen resultados (cualitativos o cuantitativos) de él, y quién es el que ha puesto en práctica el diseño.

4.2. ¿Se analiza la validez de la hipótesis e ideas en las que se basa a la luz de resultados?, ¿quién?

Puede ser que los resultados hayan sido obtenidos al poner en práctica un diseño o bien son presentados directamente, pero queremos saber en este caso si tales resultados se analizan explícitamente (y si lo hacen los estudiantes o bien el texto o profesor) para determinar la validez o no de las hipótesis o respuestas que se aportaron en 2.1.

4.3. ¿Se comunican al gran grupo los resultados y/o análisis realizado?, ¿quién?

Queremos saber si el análisis de resultados y las conclusiones se comunican al gran grupo (facilitando así su crítica y valoración), ya sea por parte de cada uno de los pequeños grupos o por parte del texto o del profesor.

Las conclusiones obtenidas son evaluadas a la luz de otras explicaciones alternativas, acercándose a explicaciones científicamente ya aceptadas

5.1. ¿Se hace una recapitulación explícita del trabajo y principales conclusiones?, ¿quién?

Pretendemos averiguar si en la parte final de la secuencia se realiza una síntesis de lo que se ha realizado: cuál era la pregunta, qué respuestas se emitieron... y de las conclusiones obtenidas. Este trabajo puede ser realizado mediante un comentario final en el texto o bien mediante una actividad que deben realizar los estudiantes: elaboración de un informe, completar una tabla sobre lo que han hecho o aprendido, elaborar un póster...

5.2. ¿Se conectan esas conclusiones con un conocimiento científico más amplio?

El conocimiento construido o utilizado en la indagación es sólo una parte de un conocimiento científico más amplio. Pretendemos saber si al final del proceso de indagación se plantea, aunque sea brevemente, la vinculación de ese conocimiento con esquemas más amplios.

Finalmente, resumiremos los principales contenidos conceptuales que se trabajan en la secuencia.

Principales contenidos “conceptuales” trabajados a lo largo de la indagación	
Hechos	[Conocimiento descriptivo que se ha aprendido durante la secuencia]
Conceptos e ideas	[Conceptos o ideas que se han utilizado de forma importante o que se han construido finalmente]
Modelo (ideas fundamentales)	[Si existe un modelo científico que se ha utilizado, que se ha construido o que se ha introducido al menos]

Anexo 3

Cuadros de resultados antes de la reunión con la experta 1

TABLA 1: Resultados del cuestionario antes de la reunión con La Experta 1. (Germinación)

Antes de la reunión	Experta 1	Investigador
1.1	S-TP	S-TP
1.2	N	S
2.1	S-E	S-E
2.2	N	N
2.3	S-N	S-N
3.1	S-TP	S-E
3.2	N-N	S-S
3.3	N	N
3.4	N	S-E
3.5	Observar	Experimento
4.1	S-E	S-E
4.2	N	N
4.3	N	S-E
5.1	N	N
5.2	N	N

TABLA 2: Resultados del cuestionario antes de la reunión con La Experta 1. (Flotación)

Antes de la reunión	Exper	Inves
1.1	S-TP	S-TP
1.2	N	S
2.1	S-E	S-E
2.2	N	N
2.3	S-N	S-N
3.1	S-TP	S-E
3.2	N	N
3.3	N	N
3.4	N	S-E
3.5	Observar	Experimento
4.1	S-E	S-E
4.2	N	S-E
4.3	N	S-E
5.1	N	N
5.2	N	N

Anexo 4

Cuadros de resultados antes de la reunión con la experta 2

TABLA 3: Resultados del cuestionario antes de la reunión con La Experta 2.
(Germinación)

Antes de la reunión	Exper	Inves
1.1	S-TP	S-TP
1.2	S	S
2.1	S-E	S-E
2.2	N	N
2.3	N-N	S-N
3.1	S-E	S-E
3.2	S-S	S-S
3.3	N	N
3.4	S-E	S-E
3.5	Experimento	Experimento
4.1	S-E	S-E
4.2	S	N
4.3	S-E	S-E
5.1	S-E	N
5.2	N	N

TABLA 4: Resultados del cuestionario antes de la reunión con La Experta 2. (Flotación)

Antes de la reunión	Exper	Inves
1.1	S-TP	S-TP
1.2	S	S
2.1	S-E	S-E
2.2	N	N
2.3	S-N	S-N
3.1	S-E	S-E
3.2	N	N
3.3	N	N
3.4	S-E	S-E
3.5	Experimento	Experimento
4.1	S-E	S-E
4.2	S-E	S-E
4.3	S-E	S-E
5.1	N	N
5.2	S	N

Anexo 5

Índices de tablas, cuadros y gráficos

TABLAS

- [TABLA 1](#): Resultados del cuestionario antes de la reunión con La Experta 1. (Germinación) (p. 77)
- [TABLA 2](#): Resultados del cuestionario antes de la reunión con La Experta 1. (Flotación) (p.78)
- [TABLA 3](#): Resultados del cuestionario antes de la reunión con La Experta 2. (Germinación) (p.79)
- [TABLA 4](#): Resultados del cuestionario antes de la reunión con La Experta 2. (Flotación) (p.80)
- [TABLA 5](#): Resultados obtenidos por el investigador y el experto. (p.28)
- [TABLA 6](#): Resultados completos obtenidos al aplicar el cuestionario a las 33 secuencias de la muestra. (p.37)

CUADROS

- [CUADRO 1](#): Actividades clave en el proceso de indagación (Traducido de Worth, Duque, y Saltiel, E., 2009) (p. 11)
- [CUADRO 2](#): Enunciado de la tarea encargada a los estudiantes de la asignatura DCE I. (p. 18)
- [CUADRO 3](#): Cuestionario inicial. (p. 21)
- [CUADRO 4](#): Cuestionario versión 1. (p.23)
- [CUADRO 5](#): Guión explicativo. (p. 30)

GRÁFICOS

- [GRÁFICO 1](#): Porcentaje de coincidencia y de discrepancia en cada una de las secuencias analizadas. (p. 28)
- [GRÁFICO 2](#): Porcentaje en que están presentes características de la IBSE en las secuencias analizadas. (p. 39)
- [GRÁFICO 3](#): Porcentaje en que LOS ESTUDIANTES realizan estas acciones en las secuencias analizadas. (p. 40)
- [GRÁFICO 4](#): Tipos de diseños. (p. 49)