



Facultad de
Educación

GRADO DE MAESTRO EN EDUCACIÓN PRIMARIA

Curso 2017/2018

Introducción de un contenido científico en el aula desde una metodología indagativa

Inquiry Based Science Education

Autor: Ignacio Saiz de Quevedo Gutiérrez

Director: Jose María Rabadán Vergara

7/6/2018

Índice

Resumen	2
Abstract	2
Palabras clave	3
Key words	3
Introducción	4
Justificación	7
Fundamentación teórica	10
Propuesta: Descubriendo la densidad	21
Objetivos:	22
Contenidos:	24
Metodología:	24
Papel del docente	34
Recursos	35
Comentarios finales y conclusión de la propuesta	36
Reflexión final del TFG:	39
Bibliografía	41

Resumen

En este Trabajo de Fin de Grado se hablará del aprendizaje por indagación. Se Habla de por qué es beneficioso utilizar esta metodología para aprender las ciencias actualmente, además de ofrecer una explicación sobre qué es el aprendizaje por indagación, qué tipos hay y cómo puede llevarse a cabo. También ofrece una propuesta donde se lleva a cabo un tipo de aprendizaje por indagación en concreto, la indagación acoplada.

Abstract

In this Final Degree Project we will talk about Inquiry Based Science Education. We will discuss why the use of this methodology is beneficial for science learning today. In addition to explain the inquiry learning concept, what types there are? and how it can be carried out?, we will also present an example where a specific inquiry learning called “coupled inquiry” is carried out.

Palabras clave

Aprendizaje por indagación, indagación, método científico, enseñanza de las ciencias, método indagativo, investigación, aprendizaje en investigación.

Key words

Inquiry Based Science Education, Science education, scientific method, Inquiry method, research.

Introducción

Cuando apareció la oportunidad de desarrollar este Trabajo de Fin de Grado, no conocía mucho sobre el aprendizaje por indagación, es más, desconocía la existencia de esta metodología. Sin embargo, poco a poco he ido recopilando información sobre ello y me ha convencido de que es una gran metodología por la cual se puede mejorar la enseñanza de las ciencias en los centros de todo nuestro país. Muchas veces, cuando se oye hablar del aprendizaje por indagación no se tiene claro qué es en realidad o cómo llevarse a cabo, lo que lleva a desarrollar dicha metodología de forma errónea o directamente a no desarrollarla. Por este motivo, a continuación trataremos de explicar esta metodología, explicando las razones por las cuales puede mejorar la educación en ciencias de nuestro país y realizando una propuesta para trabajar bajo esta metodología.

Para hablar de aprendizaje de indagación, antes debemos hablar de la ciencia en general, es decir, debemos hacernos una pregunta. ¿Es importante la competencia científica en la sociedad actual? De acuerdo con la definición del informe PISA de 2016, “la competencia científica incluye conocimientos científicos y el uso que de estos conocimientos haga un individuo para identificar preguntas, adquirir nuevos conocimientos, explicar fenómenos científicos sacar conclusiones basadas en evidencias, sobre asuntos relacionados con la ciencia” (PISA, 2016).

La ciencia cada vez tiene más peso en nuestra sociedad, los avances tecnológicos y los nuevos descubrimientos científicos hacen que el mundo esté en constante cambio, el conocimiento se remodela para que seamos cada vez más conscientes y entendamos mejor todo lo que nos rodea. Debemos ser capaces de adaptarnos a dicho cambio, modificando concepto que ya teníamos adquiridos y aprendiendo a interpretar y utilizar la tecnología. De esta forma, conseguiremos ser ciudadanos más preparados, con un pensamiento crítico más desarrollado y capaces de contribuir de forma más efectiva en la toma de decisiones de nuestro gobierno democrático. Así mismo, desarrollar la competencia científica no solo nos permite comprender los conocimientos científicos, también a reformularlos y crearlos, permitiéndonos competir internacionalmente con el resto de países así como contribuir al desarrollo económico del nuestro. Por todo esto, la competencia científica tiene cada vez más importancia en nuestra sociedad y, por lo tanto, debemos formar a los futuros ciudadanos debidamente para que desarrollen la competencia científica de forma óptima.

Desde hace más de una década se lleva cuestionando la enseñanza de las ciencias en nuestro país por varias razones. En primer lugar, los alumnos tienen muy poca motivación con respecto al estudio de las ciencias. Ya en el informe Rocard se realiza la siguiente observación: “Un peligro capital para el futuro de Europa: la enseñanza de la ciencia dista mucho de atraer multitudes y en muchos países la tendencia está empeorando” (Rocard, 2008). Esta afirmación indica una preocupación a nivel europeo con respecto a la motivación. Si los ciudadanos no deciden realizar estudios superiores en el campo de las ciencias, no conseguiremos desarrollar conocimiento

científico en nuestro país, por lo que, como hemos dicho antes, dejaremos de competir internacionalmente y no generaremos un desarrollo económico en este campo, el cual cada vez es más importante. En este informe en particular, hablan de dos grandes consecuencias negativas, en primer lugar, como ya he dicho, la matriculación en grados universitarios relacionados con las ciencias disminuye cada año y, por lo tanto, esto afectará a largo plazo en la innovación y las investigaciones científicas de toda Europa. En segundo lugar, la falta de motivación también afecta al desarrollo del pensamiento crítico y el razonamiento científico, conocimientos fundamentales en la sociedad actual, presa de una sobreexposición a la información y a su vez, dependiente del uso del conocimiento. Este problema ha obtenido más importancia con los años, hasta tal punto que el informe PISA contempla como aspecto clave despertar el interés por la ciencia desde el año 2006. Dentro de este tema, se contemplan tres áreas diferentes: Por un lado, el interés en la ciencia, es decir, todo lo relacionado con despertar la curiosidad en temas vinculados con el campo de la ciencia: descubrimientos científicos, curiosidad por la adquisición de conocimientos... Por otro lado, la aceptación del pensamiento científico como vía de conocimiento, que está muy relacionado con desarrollar el pensamiento crítico, ya que resalta la importancia de considerar diferentes perspectivas, utilizar el razonamiento lógico para llegar a una conclusión... Por último, la responsabilidad hacia el uso de los recursos y el medio ambiente, que se centra sobretodo en mostrar responsabilidad y concienciación con el medio ambiente.

Con todo lo analizado hasta el momento, se ve el gran peso que tiene la motivación en el futuro de la ciencia, por lo que necesitamos despertar la motivación en los estudiantes de alguna forma, ya que el interés por las ciencias nivel europeo está disminuyendo drásticamente cada año. Pero este no es el único problema, los resultados de nuestro país no se ajustan a las expectativas europeas.

Según el informe TIMMS (Trends in International Mathematics and Science Study) realizado en el año 2015 (TIMMS, 2015), España se sitúa por encima del promedio de los países que realizan esta prueba, sin embargo, está por debajo de la media de los países pertenecientes a la unión europea. Dicho esto, no se puede decir que no hemos mejorado en la enseñanza de la ciencia a lo largo de los años, ya que comparando la puntuación obtenida en 2015 con nuestra puntuación anterior realizada en 2011, se ve una mejora significativa, es más, somos el cuarto país que más ha mejorado en ciencias con respecto a la prueba anterior. A pesar de ello, seguimos por debajo de la media europea, por lo que aún necesitamos mejorar. Este no es el único informe que indica que, a pesar de las mejoras que se han realizado, nuestro país debe mejorar aún más en la enseñanza de las ciencias. El informe COTEC dice: "El rendimiento de los alumnos españoles tanto en Educación Primaria como en Educación Secundaria, sitúan al país en una discreta posición. Los resultados en las tres áreas básicas ofrecen, en general, puntuaciones por debajo de las OCDE y la UE" (COTEC,2016).

Pero llegados a este punto debemos preguntarnos qué nivel debe mejorar más, ya que debe haber diferencias entre cada uno de ellos. Con respecto a esto, el informe COTEC de 2016 dice lo

siguiente: “El impacto de una buena Educación Primaria en el resto de niveles del sistema es directa y está apoyada en evidencias. Hay estudios que sitúan el origen de los bajos resultados en Educación Secundaria en esta primera etapa del sistema educativo” (COTEC,2016). Muchas veces se ve a la Educación Secundaria como a la “oveja negra” de los diferentes niveles educativos, foco de una mayor tasa de fracaso escolar, abandono educativo temprano y todo tipo de problemas educativos. Pero, según el estudio de Álvaro Choi y John Jerrim realizado en 2015, la realidad es muy diferente. Estos autores apuntan que los malos resultados obtenidos en las pruebas internacionales en el nivel de Secundaria pueden ser causados por dos motivos: Por un lado y refiriéndose en concreto a la competencia lectora, la Educación Secundaria no es capaz de compensar las deficiencias que se han adquirido en dicha competencia a lo largo de las etapas anteriores. Esto es evidente, ya que si la educación ha sido precaria en los niveles anteriores es muy difícil compensar dichas deficiencias al mismo tiempo que se intenta avanzar en el conocimiento para cumplir los objetivos estipulados por la ley. Por otro lado, estos autores también hacen hincapié en que si queremos mejorar los resultados en las pruebas internacionales como PISA, antes debemos mejorar los resultados del nivel anterior, es decir, Primaria. Claro está que estas dos razones no consiguen dar una solución a todos los malos resultados de la Educación Secundaria, pero nos ayuda a comprender que debemos fortalecer los cimientos del conocimiento mejorando la educación en los primeros niveles.

Por estos motivos, necesitamos realizar cambios en la Educación Primaria. En este Trabajo de Fin de Grado, vamos a realizar concretamente un cambio en la forma de enseñar las ciencias. Desde este documento se apuesta por un cambio en la metodología, que apueste por una enseñanza basada en la indagación, de la cual hablaremos a continuación.

Justificación

Para hablar del aprendizaje por indagación, antes debemos de hablar de la ciencia en general, es decir, debemos hacernos una gran pregunta. ¿Es importante la competencia científica en la sociedad actual? De acuerdo con la definición del informe PISA de 2016, “la competencia científica incluye los conocimientos científicos y el uso que de estos conocimientos haga un individuo para identificar preguntas, adquirir nuevos conocimientos, explicar los fenómenos científicos y sacar conclusiones basadas en evidencias, sobre asuntos relacionados con la ciencia” (PISA, 2016).

La ciencia cada vez tiene más peso en nuestra sociedad, los avances tecnológicos y los nuevos descubrimientos científicos hacen que el mundo esté en constante cambio, el conocimiento se remodela para que seamos cada vez más conscientes y entendamos mejor todo lo que nos rodea. Debemos ser capaces de adaptarnos a dicho cambio, modificando conceptos que ya teníamos adquiridos y aprendiendo a interpretar y utilizar la tecnología. De esta forma, conseguiremos ser ciudadanos más preparados, con un pensamiento crítico más desarrollado y capaces de contribuir de forma más efectiva en la toma de decisiones de nuestro gobierno democrático. Así mismo, desarrollar la competencia científica no solo nos permite comprender los conocimientos científicos, también a reformularlos y crearlos, permitiéndonos competir internacionalmente con el resto de países así como contribuir al desarrollo económico del nuestro. Por todo esto, la competencia científica tiene cada vez más importancia en nuestra sociedad y, por lo tanto, debemos formar a los futuros ciudadanos debidamente para que desarrollen la competencia científica de forma óptima.

Desde hace más de una década se lleva cuestionando la enseñanza de las ciencias en nuestro país por varias razones. En primer lugar, los alumnos tienen muy poca motivación con respecto al estudio de las ciencias. Ya en el informe Rocard se realiza la siguiente observación: “Un peligro capital para el futuro de Europa: la enseñanza de la ciencia dista mucho de atraer multitudes y en muchos países la tendencia está empeorando” (Rocard, 2008). Esta afirmación indica una preocupación a nivel europeo con respecto a la motivación. Si los ciudadanos no deciden realizar estudios superiores en el campo de las ciencias, no conseguiremos desarrollar conocimiento científico en nuestro país, por lo que, como hemos dicho antes, dejaremos de competir internacionalmente y no generaremos un desarrollo económico en este campo cada vez más importante. En este informe en particular, hablan de dos grandes consecuencias negativas, en primer lugar, como ya he dicho, la matriculación en grados universitarios relacionados con las ciencias disminuye cada año y, por lo tanto, esto afectará a largo plazo en la innovación y las investigaciones científicas de toda Europa. En segundo lugar, la falta de motivación también afecta al desarrollo del pensamiento crítico y al razonamiento científico, conocimientos fundamentales en la sociedad actual, presa de una sobreexposición a la información y a su vez, dependiente del uso del conocimiento. Este problema ha obtenido más importancia con los años, hasta tal punto que el informe PISA

contempla como aspecto clave despertar el interés por la ciencia desde el año 2006. Dentro de este tema, se contemplan tres áreas diferentes: en primer lugar, el interés en la ciencia, es decir, todo lo relacionado con despertar la curiosidad en temas vinculados con el campo de la ciencia: descubrimientos científicos, curiosidad por la adquisición de conocimientos... En segundo lugar, la aceptación del pensamiento científico como vía de conocimiento, que está muy relacionado con desarrollar el pensamiento crítico, ya que resalta la importancia de considerar diferentes perspectivas, utilizar el razonamiento lógico para llegar a una conclusión... Por último, la responsabilidad hacia el uso de los recursos y el medio ambiente, que se centra sobretodo en mostrar responsabilidad y concienciación con el medio ambiente.

Con todo lo analizado hasta el momento, se ve el gran peso que tiene la motivación en el futuro de la ciencia, por lo que necesitamos despertar la motivación en los estudiantes de alguna forma, ya que el interés por las ciencias a nivel europeo está disminuyendo drásticamente cada año. Pero este no es el único problema, los resultados de nuestro país no se ajustan a las expectativas europeas.

Según el informe TIMSS (Trends in International Mathematics and Science Study) realizado en el año 2015 (TIMSS, 2015), España se sitúa por encima del promedio de los países que realizan esta prueba, sin embargo, está por debajo de la media de los países pertenecientes a la unión europea. Dicho esto, no se puede decir que no hemos mejorado en la enseñanza de la ciencia a lo largo de los años, ya que comparando la puntuación obtenida en 2015 con nuestra puntuación anterior realizada en 2011, se ve una mejora significativa, es más, somos el cuarto país que más ha mejorado en ciencias con respecto a la prueba anterior. A pesar de ello, seguimos por debajo de la media europea, por lo que aún necesitamos mejorar. Este no es el único informe que indica que, a pesar de las mejoras que se han realizado, nuestro país debe mejorar aún más en la enseñanza de las ciencias. El informe COTEC dice: "El rendimiento de los alumnos españoles tanto en Educación Primaria como en Educación Secundaria, sitúan al país en una discreta posición. Los resultados en las tres áreas básicas ofrecen, en general, puntuaciones por debajo de las de la OCDE y la UE" (COTEC, 2016).

Pero llegados a este punto debemos preguntarnos qué nivel debe de mejorar más, ya que debe haber diferencias entre cada uno de ellos. Con respecto a esto, el informe COTEC de 2016 dice lo siguiente: "El impacto de una buena Educación Primaria en el resto de niveles del sistema es directa y está apoyada en evidencias. Hay estudios que sitúan el origen de los bajos resultados en Educación Secundaria en esta primera etapa del sistema educativo". (COTEC, 2016). Muchas veces se ve a la Educación Secundaria como a la "oveja negra" de los diferentes niveles educativos, foco de una mayor tasa de fracaso escolar, abandono educativo temprano y todo tipo de problemas educativos. Pero, según el estudio de Álvaro Choi y John Jerrim realizado en 2015, la realidad es muy diferente. Estos autores apuntan que los malos resultados obtenidos en las pruebas internacionales en el nivel de Secundaria pueden ser causados por dos motivos: Por un lado y refiriéndose en concreto a la competencia lectora, la Educación Secundaria no es capaz de

compensar las deficiencias que se han adquirido en dicha competencia a lo largo de las etapas anteriores. Esto es evidente, ya que si la educación ha sido precaria en los niveles anteriores es muy difícil compensar dichas deficiencias al mismo tiempo que se intenta avanzar en el conocimiento para cumplir los objetivos estipulados por la ley. Por otro lado, estos autores también hacen hincapié en que si queremos mejorar los resultados en las pruebas internacionales como PISA, antes debemos mejorar los resultados del nivel anterior, es decir, Primaria. Claro está que estas dos razones no consiguen dar una solución a todos los malos resultados de la Educación Secundaria, pero nos ayuda a comprender que debemos fortalecer los cimientos del conocimiento mejorando la educación en los primeros niveles.

Por estos motivos, necesitamos realizar cambios en la Educación Primaria. En este Trabajo de Fin de Grado, vamos a realizar concretamente un cambio en la forma de enseñar ciencias. Desde este documento se apuesta por un cambio en la metodología, que apueste por una enseñanza basada en la indagación, de la cual hablaremos a continuación.

Fundamentación teórica

La proposición que realizamos en este trabajo para mejorar al mismo tiempo la motivación en los alumnos y los resultados obtenidos por estos en cualquier tipo de prueba relacionada con el campo de las ciencias es un cambio en la metodología de estas. En concreto, defenderemos una metodología basada en la indagación.

Ahora bien, para comenzar a hablar de esta metodología, primero debemos responder a la siguiente pregunta, ¿Qué es la indagación? En el año 2000, el National Research Council realizó una de las definiciones más referenciadas con respecto a este término. Definen la indagación como “una actividad polifacética que incluye la observación, la formulación de preguntas, la búsqueda de información en libros y otras fuentes para conocer lo que ya se sabe sobre un tema, el diseño y planificación de investigaciones, la revisión de ideas atendiendo a la evidencia experimental disponible, el manejo de herramientas asociadas a la adquisición, análisis e interpretación de datos, la formulación de respuestas, explicaciones y predicciones y la comunicación de resultados. La indagación requiere la identificación de asunciones, la planificación del pensamiento lógico y crítico y la consideración de explicaciones alternativas” (Ariza, Aguirre, Quesada, Abril y García 2016a, p. 298). Como se puede observar es una definición muy completa, ya que expresa ampliamente la gran cantidad de actividades que genera la indagación. Sin embargo, esta definición tiene ya 17 años, por lo que necesitamos saber una definición más actual.

En el año 2015, el informe de expertos *Science Education of Responsible Citizenship* de la Comisión Europea, redactó otra definición. Este informe entiende la indagación como “un proceso complejo de construcción de significados y modelos conceptuales coherentes, en el que los estudiantes formulan cuestiones, investigan para encontrar respuestas, comprenden y construyen nuevo conocimiento y comunican su aprendizaje a otros, aplicando el conocimiento de forma productiva a situaciones no familiares” (Romero-Ariza, 2016)

Como se puede ver, ambas definiciones son bastante completas, pero aun así son ambiguas, es decir, ambas definiciones incluyen un gran número de actividades pero no concretan ninguna de ellas. En todas las actividades que se ven incluidas dentro de la definición, se pueden añadir preguntas que no están matizadas. Por ejemplo, la definición de 2015 dice que los estudiantes formulan cuestiones, pero no especifica el proceso de formulación: ¿Son formuladas individualmente?, ¿Se realiza un debate para que se formule una cuestión que intrigue a todo el grupo?, ¿son ayudados por el docente?. Esto puede repetirse con cualquier otra actividad incluida en las definiciones. Por esta razón, muchos autores no se ponen de acuerdo sobre qué es la indagación. Ya en el año 2008, Bruck, Bretz y Towns llegan a la conclusión de que “Los usos y significados de indagación como modos de instrucción e investigación estudiantil varían de un autor a otro y ante una u otra audiencia” (Bruck, Bretz y Tows, 2008). Esto es algo negativo, ya que habiendo una gran

variedad de definiciones y usos, es muy fácil que se cometan errores conceptuales y concepciones distorsionadas de la ciencia.

Hay un gran número de visiones deformadas de la ciencia que muchos docentes cometen sin darse cuenta, pero que dichas distorsiones pueden crear conceptos erróneos durante el proceso de aprendizaje. Algunas de esas visiones deformadas son las siguientes:

- **Una visión descontextualizada:** normalmente se considera a la ciencia como la simple aplicación de conocimiento. Se enseña la ciencia sin tener en cuenta el contexto en el que se desarrolla. Todo lo relacionado con la ciencia tiene una gran influencia contextual y provoca grandes cambios en la sociedad, la economía, la tecnología, el medio ambiente... Por esta razón se debe situar la ciencia dentro de un contexto.
- **Una concepción individualista y elitista:** Muchas veces y sobretodo en niveles educativos bajos, se muestran los descubrimientos científicos como obras de genios, que individualmente han aportado algo a la ciencia. Sin embargo, no se tiene tan en cuenta el trabajo colectivo o la colaboración entre grupos de expertos. La mayoría de hallazgos científicos actualmente son realizados por equipos científicos y no por individuos excepcionales. Esta concepción individualista que se muestra a los alumnos genera una visión de la ciencia como algo reservado a individuos excepcionales, generando desmotivación y desinterés.
- **Una concepción empírico-inductista y ateórica:** esta deformación de la ciencia realiza observaciones y experimentaciones neutras. Esto quiere decir que dichas ideas no tienen en cuenta el papel de las hipótesis como focos de la investigación ni las teorías, que pueden orientar el proceso de investigación.
- **Una visión rígida, algorítmica e infalible:** las ciencias no se enseñan a base de hipótesis, que tratan de dar respuesta a un problema. Se enseñan, en su gran mayoría, mostrando certezas basadas en evidencias y análisis de datos. Esto genera una visión completamente errónea del proceso científico, ya que muestra dicho proceso como un camino rígido y lógico donde, a través del análisis de datos, no deja opción a ninguna otra respuesta. Esto camufla el verdadero proceso de avance científico, el planteamiento de hipótesis que se crean para tratar de resolver un problema.
- **Una visión aproblemática y ahistórica:** Las ciencias actualmente se enseñan a través de conocimientos ya elaborados, ignorando el proceso que se ha llevado a cabo. De esta forma no se tiene en cuenta el contexto en donde se elaboró dicho conocimiento. Esto hace que no se vean aspectos tan importantes como cuáles eran los problemas que se querían resolver, las limitaciones de materiales y conocimientos que había en el momento, la sociedad y creencias de la época, los avances que se generaron...

- **Una visión exclusivamente analítica:** El trabajo científico exige tratamientos analíticos, simplificadorios y artificiales, pero esto no quiere decir que haya que recurrir a visiones simplistas y parciales; ya que hay que tener en cuenta la necesidad de síntesis y de generar estudios que cada vez sean más complejos.
- **Visión acumulativa y de crecimiento lineal:** Muchas veces, a la hora de enseñar el desarrollo científico, este se presenta como algo lineal, como un concepto que se va puliendo poco a poco hasta ser lo que hoy en día conocemos. Esta forma de ver dicho desarrollo, no tiene en cuenta las crisis ni las remodelaciones teóricas, por lo que aporta una visión simplista y parcial que se aleja de la realidad.

Para no cometer esta clase de errores, es necesario acotar la indagación, realizando diferencias a la hora de llevarla a cabo. Analizando varios documentos, se han escogido dos enfoques diferentes que categorizan la indagación. El enfoque que se presenta a continuación es una categorización de Lisa Martin-Hansen, realizada en 2002. Esta autora distingue cuatro tipos de indagación:

- **Indagación abierta:** el enfoque de este tipo de indagación está centrado en el estudiante. Comienza con una pregunta, la cual se intenta responder mediante el diseño de una investigación y la comunicación de resultados.
- **Indagación guiada:** en este tipo de indagación, el docente hace de guía y ayuda a los alumnos a desarrollar investigaciones indagatorias.
- **Indagación acoplada:** realiza una combinación entre la indagación abierta y la guiada. Un autor muy reconocido en nuestro país en el campo de la indagación, Daniel Gil, llama a este tipo de indagación “investigación dirigida”. En este tipo de indagación, el docente es el que propone una pregunta a investigar, sin embargo, es el alumno quien toma todas las decisiones para conseguir llegar a una solución. Para ello, se suele realizar un ciclo de cinco pasos:
 - Invitación a la indagación: el docente presenta un fenómeno y se pide al alumnado que lo expliquen utilizando sus conocimientos previos.
 - Indagación guiada: los alumnos debe repetir dicho fenómeno, añadiendo modificaciones que sean viables.
 - Indagación abierta: los alumnos discuten los resultados de la prueba anterior y realizan preguntas en donde se formula una predicción de lo que sucederá, se plantea la forma en la que se recolectarán los datos y a continuación llevan a cabo la investigación. Finalmente, basándose en los resultados obtenidos, deberán realizar una “generalización” y dar una explicación que la corrobore.
 - Resolución de la indagación: los grupos de alumnos comparten los resultados y las generalizaciones del apartado anterior. Una vez hecho esto,

se les ofrece información adicional y se les pide que comprueben si son coherentes los resultados obtenidos con lo reportado.

- Evaluación: el docente debe plantear un ejercicio que se resuelve con el conocimiento adquirido anteriormente.
- **Indagación estructurada**: este tipo de indagación está dirigida por el docente de una forma muy marcada. Por ello, el compromiso de los estudiantes es limitado, ya que deben seguir las pautas que da el profesor. Dicho así, no tiene rasgos de un método indagativo. Por ello, es importante dar a los alumnos la libertad de expresar ideas de tomar decisiones por ellos mismos durante el proceso de investigación.

Al observar estos tipos de indagación, he de decir, que el que más me convence es la indagación acoplada, ya que obtiene las mejores características de la indagación abierta (el alumno intenta responder por sí mismo al problema inicial) y de la guiada (el docente es el que plantea el problema inicial). Además de esto, se realiza el proceso de indagación a través de una estructura de cinco pasos, lo cual ofrece un marco y unas pautas de acción dentro de las cuales se mueven los alumnos. Esto me parece beneficioso porque si un alumno no ha investigado nunca por sí mismo, es muy difícil que aprenda por sí mismo, por lo que necesita de unas pautas, una forma de actuar por la cual aprenda a investigar correctamente, al mismo tiempo que realiza la labor de investigar.

También se ha escogido otra forma de categorizar la indagación. Rabadán hace una distinción entre tipos de indagación. En el artículo *“La enseñanza y aprendizaje de las ciencias mediante la indagación como factor determinante en la mejora de la calidad de los aprendizajes de los alumnos”* (Rabadán,2012), explica que se puede hablar de aprendizaje por indagación y de enseñanza por indagación. El aprendizaje por indagación es un proceso activo donde los estudiantes elaboran algo que no se les ha dado previamente. Se podría decir que los propios estudiantes realizan un proceso de “descubrimiento” del conocimiento, utilizando el conocimiento y el método de indagación. Este aprendizaje incluye muchos tipos de actividades, numerosos tipos de lenguajes dentro del contexto de la educación formal y contribuye a la elaboración de textos tanto orales como escritos. Por otro lado, la enseñanza por indagación se centra en el desarrollo de destrezas y habilidades mediante la actividad, poniendo como objetivo principal la búsqueda activa de conocimiento y comprensión científica. Dentro de la enseñanza por indagación, es necesario realizar una diferencia entre indagación como fin e indagación como medio.

- **Indagación como medio**: se utiliza la indagación como un método para ayudar a desarrollar la comprensión de contenidos científicos. Esto quiere decir que se entiende a la indagación como un medio para llegar a un fin, que es la comprensión de los contenidos científicos.
- **Indagación como fin**: en este tipo de indagación, esta es el fin, no el medio. Se consigue aprender indagación a través de un contexto que está relacionado con los contenidos científicos, en donde se tiene en cuenta la historia de la ciencia, su naturaleza y el desarrollo del conocimiento científico.

Tras definir cada una de las categorizaciones que realiza este autor, he de decir que el tipo de indagación más beneficiosa bajo mi punto de vista es la enseñanza por indagación, ya que no se centra en aprender a investigar, sino en desarrollar destrezas y habilidades que permitan la búsqueda de conocimiento y la comprensión científica. Dentro de la enseñanza por indagación, la opción más enriquecedora es la indagación como medio. De esta forma, los alumnos consiguen aprender a indagar por medio del desarrollo de destrezas, enfocando la indagación como un medio para conseguir un objetivo y no como objetivo principal. La indagación como medio puede ser más beneficiosa, ya que el objetivo a conseguir no es obtener un conocimiento, el objetivo a conseguir es lograr un recurso, un método por el cual se obtiene el conocimiento. Además de esto, este tipo de indagación desarrolla estrategias propias del trabajo científico, como la identificación de problemas, la formulación de hipótesis, el planteamiento de cuestiones, el diseño de investigaciones las cuales pueden incluir diseños experimentales, el contraste de hipótesis, la defensa de modelos y explicaciones que incluyen la comunicación de resultados.

Al comparar ambas categorizaciones de indagación, he de decir que la indagación acoplada y la indagación como medio pueden llegar a ser las misma. La indagación acoplada se caracteriza básicamente porque parte del proceso está guiado por el docente (plantea el problema, los alumnos realizan la indagación bajo cinco pasos y el docente evalúa el proceso realizando un ejercicio) y por utilizar el método indagativo como un medio para obtener el objetivo principal (resolver el problema planteado por el docente). La indagación como medio, como bien dice el nombre, es utilizada como un medio para obtener un fin (obtener los contenidos científicos) y no especifica si esta a de ser guiada en mayor o menor medida por el docente, por lo que podría ser guiada de una forma similar a la indagación acoplada. Por lo tanto, considero que el método indagativo que debe desarrollarse en el aula debe utilizarse como medio para conseguir un fin y debe ser, en mayor o menor medida, guiada por el docente. Por todo esto, considero que la indagación que ha de realizarse en las aulas para, como dije en la introducción, mejorar la motivación y los resultados académicos en ciencias es la indagación acoplada.

Hasta este momento se ha hablado de qué es la indagación, cuántos tipos de indagación hay y cuál es, bajo mi punto de vista, el más beneficioso dentro de un aula. Sin embargo, aún no hemos llegado a la pregunta más importante. Una vez entendido lo que es la indagación podemos pasar a analizar lo que de verdad nos importa. ¿La indagación verdaderamente es beneficiosa para la enseñanza en las ciencias dentro de un aula? Para responder correctamente a esta pregunta, debemos tener en cuenta qué es lo que se debe mejorar en el aula, es decir, que ha de conseguir la metodología que estamos analizando para que sea beneficiosa. Como se comentó anteriormente, los objetivos principales son mejorar los resultados académicos y la motivación que tienen los alumnos en el campo de las ciencias. sin embargo, cabe destacar también otro aspecto que se ha de mejorar para obtener unos ciudadanos responsables, la alfabetización científica.

¿Qué es la alfabetización científica? Es un proceso que, según Kemp (Kemp, 2002), comprende tres dimensiones diferentes: conceptual (conceptos vinculados a la ciencia y relaciones

entre ciencia y sociedad); procedimental (búsqueda y uso de la información así como la aplicación de esta en la vida cotidiana); afectiva (generar motivación hacia la ciencia). Este proceso se ha convertido en el año 2016 en un objetivo internacional, según la OCDE, para conseguir ciudadanos responsables. Internacionalmente hablando, a través de esta necesidad aparece en concepto IIR (Investigación e Innovación Responsables), que trata de implicar a los diferentes sectores sociales en las etapas de investigación con el fin de asegurar que los productos finales cumplan con las necesidades, expectativas y valores de la sociedad. A nivel local, conseguir ciudadanos responsables, que tengan conocimientos sobre alfabetización científica, influye en la toma de decisiones de ellos mismos, en aspectos que repercuten en la economía o en el medio ambiente (escoger la compañía de gas o de luz; comprar un vehículo con un motor diesel, de gasolina, eléctrico o híbrido; generar presión social para que se creen leyes que preserven mejor el medio ambiente, no comprar productos cuyas empresas contaminan excesivamente...). La alfabetización científica, a su vez engloba los aspectos que son analizados académicamente y los relacionados con el ámbito de la motivación, por lo que relaciona los dos objetivos principales que queremos analizar. Por estos motivos, es necesario considerar la alfabetización científica, como un aspecto crucial del aula que la indagación debe mejorar.

Según el artículo de Marta Romero Ariza, “ el aprendizaje por indagación: ¿Existen suficientes evidencias sobre sus beneficios en la enseñanza de las ciencias?”, publicado en 2017 en la revista EUREKA, se han realizado diferentes estudios en los últimos ocho años para comprobar si a indagación favorece tanto a alfabetización científica como la motivación y el interés por las ciencias. Para ello utilizaron los resultados de las pruebas PISA, es decir, compararon los resultados de dichas pruebas en centros que realizan indagación en ciencias con otros que no. En primer lugar, el resultado de la comparación dió positivo con respecto al desarrollo del interés por las ciencias. De esta forma se comprobaba que los métodos indagativos, favorecen a la motivación en ciencias en mayor medida que otras metodologías. Sin embargo, a la hora de observar los resultados con respecto a la alfabetización científica, se advirtió que el rendimiento académico era peor en los centros que utilizaban una metodología indagativa.

A simple vista parece que el método indagativo no favorece a la alfabetización científica. Sin embargo, hay un factor con el que los estudios no contaron al utilizar las pruebas PISA. Esta prueba se centra principalmente en la amplitud de contenidos que tienen los alumnos, es decir, la cantidad, y no tiene tanto en cuenta la profundidad de estos, la calidad. Por este motivo, los estudios analizados plasmas sus dudas al ver los resultados obtenidos. En primer lugar, los métodos indagativos generan menor amplitud de contenidos que otro tipo de metodologías, como hemos visto antes, pero dichos contenidos tienen mayor profundidad, lo cual no se mide tanto en las pruebas PISA. De esta forma, los contenidos generados con esta metodología son más focalizados y profundos. En segundo lugar, no se han analizado los resultados del favorecimiento de la indagación en la alfabetización científica a largo plazo, por lo que los resultados analizados son a corto plazo. En tercer lugar, hay que tener en cuenta que, como se ha analizado anteriormente, no hay un solo camino para realizar la

indagación en el aula, por lo que el desarrollo de un tipo de indagación o de otro también influirá en los resultados finales. Por estas razones, se ve que los resultados analizados en los estudios no tienen muy en cuenta la profundidad de los contenidos, no se observa si a largo plazo dichos contenidos podrían superar en amplitud a los de otras metodologías y, además, no diferencian ningún tipo de indagación. Por lo tanto, ¿La indagación es negativa para la alfabetización científica? En mi opinión no creo que haya datos suficientes para afirmarlo.

Necesitamos analizar un poco más en profundidad si la indagación genera mejores o peores resultados que otras metodologías. Desde que se comenzó a hablar de indagación surgieron grandes detractores de esta metodología (como Kirschner, Sweller...), que ven como algo inconcebible el hecho de que los alumnos consigan una comprensión significativa de las ideas y teorías científicas por medio de esta metodología. Sin embargo, también ha muchos autores que han generado estudios sobre ella, puliendo dicha metodología poco a poco y analizando y comparando resultados con los de otras metodologías. Desde la década de los ochenta se han ido realizando revisiones de la literatura, la cual ha ido evolucionando con el tiempo. Por este motivo, es absurdo analizar las revisiones de la literatura desactualizadas, ya que estaríamos analizando un concepto que ha cambiado, se ha pulido con el tiempo. Por lo tanto analizaremos tres de las revisiones más recientes.

En primer lugar, la revisión de Minner, Levy y Century en 2010 analiza trabajos publicados desde 1984 hasta 2002. Quisieron analizar cualquier investigación centrada en el efecto del aprendizaje por indagación sobre el aprendizaje del alumnado, por lo que seleccionaron 1027 trabajos. De todos estos trabajos seleccionados, posteriormente se realizó otra selección, la cual debía cumplir dos requisitos importantes: debía haber un gran rigor metodológico y medir los resultados de aprendizaje de los estudiantes. De todos los trabajos se seleccionaron 138, los cuales mostraron que la cantidad de actividades que estaban enfocadas a mejorar la capacidad de pensar, razonar y elaborar argumentos, que se basaran en evidencias, ayuda a predecir de manera positiva la comprensión de las ideas científicas por parte del alumnado que utiliza el aprendizaje por indagación.

En segundo lugar, la revisión de Furtak, Seidel, Iverson y Briggs realizada en 2012 analiza trabajos realizados entre 1996 y 2006. Estos investigadores utilizaron criterios de selección de trabajos diferentes a los de Minner en 2010. Seleccionaron investigaciones experimentales o cuasi-experimentales escritas en inglés. Estas investigaciones debían tener un diseño pre-post test con un grupo control y debían medir el impacto en términos de aprendizaje. Una vez seleccionados, realizaron dos clasificaciones diferentes para agrupar los trabajos. La primera categorización dividió los trabajos en función del tipo de actividades llevadas a cabo (procesuales, epistemológicas, conceptuales y sociales). Debían realizar esta clasificación ya que, como se ha comentado anteriormente, bajo el concepto de indagación se incluyen múltiples tipos de didácticas, las cuales no siempre pueden compararse. La segunda clasificación se basó en el grado de estructuración de la actividad, si el docente realizaba una función de guía importante, la actividad era muy estructurada; por el contrario, si los alumnos eran los que dirigían la actividad, esta era poco estructurada. El

primer análisis muestra que los resultados eran superiores en los estudios que incluían actividades epistemológicas o los estudios que combinaban las actividades epistemológicas con procesuales y sociales. En cuanto al segundo análisis, los resultados mostraron que un aprendizaje por indagación donde los alumnos realizaban de forma activa, ejercicios de indagación mientras que el docente sirve de guía durante todo el proceso incrementa considerablemente los resultados con respecto al resto de métodos indagativos. Alfieri et al (2011), contribuye también a esta cuestión, mostrando que una indagación que no es guiada por el docente, no contribuye a mejorar el aprendizaje. Por el contrario si la indagación es guiada correctamente por el docente, los resultados son muy positivos. Por lo tanto el tipo de indagación que mejores resultados obtiene según esta segunda revisión es aquel donde los alumnos realizan actividades indagativas, siendo dichas actividades epistemológicas o intercalando estas con actividades procesuales y sociales, mientras que el docente actúa de orientador.

En tercer lugar, la revisión de Lazonder y Harmsen en 2016, analiza trabajos publicados entre 1993 y 2013 y aplica criterios de selección similares a los de la segunda revisión. Las investigaciones se clasificaron en base a dos criterios, los resultados de aprendizaje medios y el tipo de guía que realiza el docente. Dentro de la medida de los resultados de aprendizaje se distingue entre la medición de las destrezas de investigación, la calidad de los productos elaborados y el aprendizaje adquirido. Los resultados de estas medidas fue positivo en mayor o menor rango dependiendo del criterio a medir, obteniendo los mayores resultados en el desarrollo de destrezas de investigación. En cuanto al tipo de guía que realiza el docente, el resultado varía dependiendo del tipo de ayuda que se realiza. Esto debe tenerse en cuenta al utilizar esta metodología, y que a forma en la que se lleve a cabo influirá en los resultados de esta.

Una vez contemplados los diferentes metanálisis, podemos concluir que el aprendizaje por indagación puede resultar muy beneficioso en el aula, contribuyendo al desarrollo de la capacidad de pensar, razonar, elaborar argumentos; así como fomentar las destrezas de investigación, mejorar la calidad de los productos elaborados y aumentar la calidad del aprendizaje adquirido. Sin embargo, la obtención de estos resultados depende del desarrollo de dicha metodología, es decir, depende de la clase de actividades que se realicen, el nivel de guía que ejecute el docente y del tipo de resultado de aprendizaje a medir. Por este motivo es muy importante tener claro qué es la indagación y cómo llevarla a cabo para obtener buenos resultados.

Todo lo analizado hasta este momento nos lleva a destacar una serie de argumentos, tanto positivos como negativos, sobre la indagación que muestran la esencia de esta. En dichos argumentos que se muestran a continuación se muestra por qué la indagación produce mejores resultados que otras metodologías en la enseñanza de las ciencias, así como qué es lo que hay que modificar para obtener una indagación que funcione correctamente.

- Uno de los mayores peligros de la indagación es que dicho término se utiliza como paraguas para integrar diferentes propuestas didácticas. El término indagación no tiene una definición claramente delimitada, por lo que se suele confundir con otro tipo

de propuestas didácticas. Es necesario tener una delimitación clara sobre qué es la indagación. Por esta razón al principio de la justificación teórica se ha definido claramente la indagación y se ha dividido en varios tipos: indagación como medio, indagación como fin, abierta, guiada, acoplada y estructurada.

- Debido a que la indagación se confunde con otras propuestas didácticas, es difícil obtener conclusiones sobre los efectos que causa dicha metodología. Es difícil encontrar datos sobre resultados de una verdadera indagación, sin embargo, los resultados obtenidos en los diferentes metanálisis que se han mostrado anteriormente son, bajo mi punto de vista, resultados basados de la metodología indagativa debido a los diferentes procesos de selección de trabajos que desarrollaron. A su vez, dichos metanálisis obtuvieron conclusiones que hacían diferencias entre los diferentes aspectos que engloban la indagación, así como distinciones entre las diferentes características que marcan los tipos de indagación.
- Por los motivos señalados en el primer punto, también existe una falta de consenso sobre qué es enseñar por indagación. Con el desarrollo de la justificación teórica espero haber llegado a señalar qué es, bajo mi punto de vista, la enseñanza por indagación. A su vez, las divisiones que se han realizado sobre los diferentes tipos de indagación muestran varias formas de aplicar la dicha metodología en el aula. Además de esto, los diferentes metanálisis muestran los resultados obtenidos al llevar a cabo de formas diferentes la indagación en el aula, contemplando de esta forma cuál es la manera más beneficiosa de llevar a cabo la indagación en el aula. Además de esto y como ya se ha dicho anteriormente, tras el análisis de los resultados la contemplación de los diferentes tipos de indagación, el tipo de indagación que se defiende en este Trabajo de Fin de Grado para llevar a cabo en las aulas es la indagación acoplada.
- Se deben fomentar habilidades de indagación de nivel superior en todos los niveles de enseñanza. Esto quiere decir que hay que ir más allá de las simples destrezas técnico-manipulativas. Debemos fomentar actividades epistémicas que logren transmitir una visión adecuada de la naturaleza de la ciencia. Para lograr esto debemos cuestionar tareas centradas en mostrar los pasos del método científico, ya que estas pueden conseguir mostrar una visión empirista y simple de la ciencia. Por este motivo, debemos reflejar en los procesos de indagación la gran importancia de las ideas explicativas dentro del desarrollo del conocimiento científico. Debemos dar más importancia a la explicación y reflexión de la construcción de teorías y modelos que tratan de dar sentido a todo aquello que os rodea.
- Para obtener un buen proceso de indagación, necesitamos dar más importancia en el aula a la argumentación y a la modelización. Estos procesos no solo son esenciales para conseguir desarrollar el método científico, sino que también

contribuyen a actividad cognitiva y al aprendizaje cognitivo, así como a desarrollar el pensamiento crítico del alumnado. Esto se ve reflejado en los resultados obtenidos en el segundo metanálisis revisado anteriormente, que muestra que se obtienen mejores resultados en aquellas actividades de indagación que combinan aspectos epistémicos y sociales, involucrando al alumnado en el razonamiento de las teorías y la explicación de las evidencias de las actividades.

- También cabe destacar que, para llevar a cabo una indagación en el aula correctamente, es necesario fomentar el razonamiento, la capacidad de reflexión del alumnado, la búsqueda de alternativas y la argumentación. Estimulando estas capacidades del alumno se construye un modelo de indagación específico, que se basa en tres grandes dimensiones: la investigación, la evaluación y la búsqueda de explicaciones. Bajo estas tres grandes dimensiones se puede lograr el buen desarrollo de esta metodología en el aula de forma sencilla.
- En muchas ocasiones, cuando se lleva a cabo este tipo de indagación al aula, se tiende a realizar una pregunta que los alumnos deben investigar. Para lograr una indagación de calidad debemos ir más allá. Debemos realizar preguntas que tengan una clara orientación científica, preguntas con objetivos conceptuales y que estén orientadas a realizar teorías y modelos científicos que traten de explicar las evidencias observadas. Para que esto sea posible es necesario trabajar cuestiones que estén dentro de un contexto significativo, que haga que el alumno esté implicado tanto cognitiva como emocionalmente, además de desarrollar sus destrezas y el conocimiento científico, promoviendo así a su desarrollo íntegro.

Para que la indagación consiga repercutir en nuestros alumnos y mejore la enseñanza en ciencias, es necesario diseñarlo teniendo en cuenta los resultados de aprendizaje que queremos conseguir mediante dicha metodología. Los aspectos que se quieren desarrollar con dicha metodología se han mencionado en los apartados anteriores, sin embargo me ha parecido apropiado realizar un agrupamiento de todas las características realizando así un pequeño marco de cuales son las características importantes de una indagación de calidad. Se necesita fomentar una indagación que busque la implicación cognitiva y la motivación del alumnado que la elabora, al mismo tiempo que promueve destrezas propias de la investigación desde una perspectiva científica y una argumentación basada en la presentación de evidencias. A su vez, es necesario enseñar al alumnado a contrastar la información, ya que actualmente los alumnos están sobreexpuestos a una gran cantidad de información, por lo que es necesario saber seleccionar, sintetizar y contrastar dicha información. Para lograr el desarrollo íntegro de cada alumno, es necesario fomentar el trabajo en grupo, ya que cada vez más se tiende a realizar colaboraciones y trabajos en grupo, tanto en el mundo académico como en el profesional. Por esto es muy beneficioso para los alumnos realizar actividades de colaboración entre grupos de investigación o debates, donde los diferentes grupos

hablen entre sí y puedan plantearse y evaluar ideas alternativas a las que ya tenían. Las actividades indagativas que realicen los alumnos deben ser profundas, llegando a construir teorías y modelos explicativos sobre aquello que se han cuestionado previamente. Es necesario remarcar que se debe realizar una evaluación coherente de los resultados de aprendizaje que se han obtenido durante el proceso de indagación, ya que debe adaptarse al contexto que rodea tanto al alumnado como al momento concreto donde se realiza la actividad. A su vez, también es necesario realizar una reflexión sobre la contribución que hace la realización de esta metodología a la alfabetización científica.

Propuesta: Descubriendo la densidad

En muchas ocasiones, los docentes cometen errores al poner en práctica la indagación en el aula. Por este motivo, después de haber explicado qué es la indagación y cómo debe llevarse a cabo, es necesario realizar una propuesta basada en esta metodología, que sirva de guía para cualquier persona que lea este TFG. Antes se ha hecho una diferencia entre varios tipos de indagación diferentes. Para esta propuesta, utilizaremos la indagación acoplada. Ese tipo de indagación, como hemos dicho antes, combina características de la indagación abierta y de la guiada. En esta metodología el alumno intenta responder por sí mismo al problema inicial, mientras que el docente es el que plantea el problema. También se ha elegido este tipo de indagación porque sigue un ciclo de cinco pasos, los cuales ofrecen un marco por el cual puede guiarse el alumno y el docente que lo pone en práctica. Además, estos cinco pasos están directamente relacionados con el método científico, como veremos más adelante.

La práctica que se ve a continuación está diseñada para alumnos de sexto de primaria en la asignatura de Ciencia de la Naturaleza. El contenido que se va a trabajar gira en torno a la densidad. Este tema se ha escogido debido a varias razones. En primer lugar, la densidad es una propiedad de la materia, por lo que puede verse en cualquier objeto cotidiano. Esto ayuda a entender a nuestros alumnos lo que es, ya que lo pueden ver y comprobar todos los días con cualquier objeto cotidiano. En segundo lugar, es muy fácil realizar experimentos en donde se compruebe la densidad de varios materiales, comprobar cuál es más denso o si varios materiales tienen la misma densidad. Es un proceso muy visual y se comprueba fácilmente, sin necesidad de realizar cálculos y sin utilizar ningún aparato de medición. Sin embargo, aunque no se necesite el uso de instrumentos de medida, durante el proceso de indagación se utilizarán para que el experimento que realicen los alumnos sea más riguroso y cuantificable. En tercer lugar, La densidad es una magnitud escalar, la cual puede medirse y calcularse. Esto facilita la recogida de datos y la realización del experimento, lo cual hace que el método científico y el proceso de indagación seas más fáciles de llevar a cabo. Hay que tener en cuenta que son alumnos de sexto de primaria, los cuales desconocen la fórmula por la cual se obtiene la densidad ($\text{Densidad} = \text{Masa}/\text{Volumen}$). Durante el proceso de indagación deberán tratar de obtener esta fórmula o comprobar que existe una relación entre la densidad, la masa y el volumen. Por último, como acabo de decir, la densidad es la relación entre dos magnitudes, por lo que deberán realizar un trabajo de investigación para ver qué magnitudes están relacionadas y cómo lo están. Es un objetivo un tanto ambicioso, sin embargo, el docente interactuará en mayor o menor medida durante el proceso de indagación conforme vaya avanzando el proceso y lo necesiten los alumnos.

En este punto veo necesario recordar que toda metodología debe ajustarse a cada alumnado y a cada situación. Al no exponer una situación ni un contexto concreto en esta propuesta, solo sirve como un marco que debería adaptarse a cada clase y momento, realizando los cambios que el

docente que vaya a ponerlo en práctica considere oportunos. El objetivo que se quiere lograr con esta práctica de cara al Trabajo de Fin de Grado, es mostrar un ejemplo de cómo llevar a cabo una metodología basada en la indagación, en concreto la indagación acoplada.

Durante las diferentes sesiones, los alumnos trabajarán en pequeños grupos. Se ha escogido esta forma de trabajar por los motivos que se explican a continuación. En primer lugar, cada vez es más frecuente que las investigaciones científicas a nivel profesional se realicen en grupo, por lo que al trabajar en el aula de esta forma, realizamos un acercamiento aún mayor al trabajo científico real en la actualidad. En segundo lugar, trabajar en grupo mejora la creatividad, al mismo tiempo que aporta ideas diferentes a las que un solo individuo puede tener, ya que hay más puntos de vista (brainstorming). Además de esto, al trabajar en grupo se fomentan diferentes competencias básicas. La competencia en comunicación lingüística se desarrolla al expresarse tanto de forma oral como escrita para poder exponer las ideas y opiniones personales al grupo, respetar el turno de palabra y al realizar una escucha activa para poder recoger las ideas de los demás miembros del grupo. La competencia de aprender a aprender se fomenta al generar estrategias de planificación necesarias para resolver una tarea y cuando el o los encargados del grupo supervisan las actividades que realiza el resto de integrantes del grupo. También se desarrolla la competencia social y cívica al comunicarse entre los integrantes del grupo de forma constructiva, al tratar de resolver un conflicto de forma óptima y al aceptar seguir los códigos de conducta del aula mientras se realiza el trabajo en grupo. La competencia en sentido de la iniciativa y espíritu emprendedor se genera al analizar, planificar, organizar y gestionar la actividad que se va a desarrollar en grupo, al mismo tiempo que se está preparado para adaptar la actividad a cualquier tipo de cambio o problema. Por último, también se fomenta la competencia en conciencia y expresión cultural al ofrecer cada integrante diferentes habilidades de pensamiento, fomentar la creatividad y valorar la libertad de expresión de todos los integrantes. En tercer lugar, trabajar en grupo desarrolla también diferentes destrezas y habilidades, al igual que determina la asignación de roles dentro del grupo y mejora la capacidad que tienen los alumnos para resolver los conflictos que van apareciendo conforme avanza la investigación. Por último, al trabajar por grupos en el aula, pueden comparar ideas y contrastar información entre ellos, lo cual es algo esencial en el mundo de la investigación. Esto permite que tengan una experiencia aún más real y que conozcan más de cerca el método científico.

Objetivos:

Los objetivos que queremos que cumplan los alumnos durante la realización de esta práctica, son los que aparecen a continuación. Los objetivos generales se han diseñado de acuerdo a la ley educativa vigente en Cantabria, el Decreto 27/2014 de 5 de junio, por el que se establece el currículo de Educación Primaria en Cantabria (BOC, 2014).

Objetivos generales:

- Lograr explicar fenómenos físicos observables en términos de diferencia de densidad de varios materiales, así como la flotabilidad en un medio líquido.
- Aprender procedimientos con los que medir la masa y el volumen.
- Aprender un método por el cual calcular la densidad de un cuerpo.
- Promover entre el alumnado la actividad científica, a través de la aproximación experimental a algunas cuestiones.
- Lograr desarrollar las competencias básicas, en especial la competencia matemática y competencias básicas en ciencia y tecnología (CMCT) y la competencia de aprender a aprender.

Objetivos específicos:

- Lograr trabajar en grupo de forma eficaz, respetando la asignación de roles de cada individuo.
- Desarrollar habilidades propias de trabajo en grupo tales como la escucha activa, el respeto, la capacidad de liderazgo o la capacidad de comunicación.
- Contribuir a gestionar una resolución de conflictos óptima.
- Realizar un acercamiento al método científico a través de la metodología de la indagación acoplada.
- Lograr el desarrollo de las competencias personales a través de la indagación acoplada.
- Desarrollar la competencia matemática y competencias básicas en ciencia y tecnología (CMCT)
 - Fomentar el uso del lenguaje científico.
 - Realizar actividades a través de la investigación científica.
 - Promover el uso de datos y procesos científicos.
 - Lograr que los alumnos tomen decisiones basadas en pruebas y argumentos.
- Desarrollar la competencia de aprender a aprender.
 - Incentivar la creatividad partiendo de la experimentación científica y el trabajo en grupo.
 - Fomentar la curiosidad y la necesidad de aprender.

- Contribuir a que el alumno se sienta protagonista del proceso de enseñanza-aprendizaje.

Contenidos:

En esta propuesta se van a utilizar contenidos pertenecientes al sexto curso de Primaria, en concreto a la asignatura de Ciencias Naturales. Los contenidos de esta propuesta van a girar en torno a la densidad.

- Se trabajarán las definiciones de densidad, masa y volumen.
- Se explicará la relación que tienen las diferentes magnitudes dichas anteriormente, así como la fórmula de la densidad.
- Se relacionarán los contenidos mencionados en los puntos anteriores con objetos de la vida cotidiana.

Metodología:

Como se ha comentado anteriormente, esta metodología consta de cinco pasos, los cuales, requerirán una o varias sesiones cada uno. Los pasos que se desarrollan a continuación muestran una pauta de cómo actuar según la indagación acoplada y, como se explicará después de realizar los pasos, en ellos está inmerso el ciclo que se debe realizar en una investigación.

❖ Primer paso, invitación a la indagación.

En este primer paso el docente tiene mucho peso, es el protagonista, el encargado de generar un problema que los alumnos deben cuestionarse. Durante esta fase de la metodología, el docente debe presentar un experimento que los alumnos deberán tratar de explicar utilizando los conocimientos que poseen. Para ello, el docente podrá realizar preguntas para que los alumnos se planteen cuestiones y traten de ver diferentes puntos de vista. Dicho así no parece muy claro lo que he explicado hasta el momento, por lo que empezaré a explicar el experimento en concreto.

En esta ocasión, se va a trabajar la densidad con los alumnos, por lo que se necesita realizar un experimento sencillo, donde se vea bien claro lo que es la densidad, no queremos confundir a los alumnos con otros términos o que no sean capaces de explicar y repetir el experimento por sus propios medios. Por esto mismo, he escogido realizar una “torre de líquidos”. Este experimento es muy sencillo, se necesita un recipiente transparente en donde se van introduciendo líquidos que tienen diferentes densidades, de tal forma que cada líquido queda separado y en un orden específico, independientemente de orden en el que se

introduzcan en el recipiente, incluso si se introducen a la vez, lo cual va a ser muy interesante para los alumnos en el siguiente paso de la metodología.

Desde mi punto de vista, es una forma muy sencilla y clara de ver lo que es la densidad, ya que los líquidos pueden diferenciarse por colores y, como he dicho antes, independientemente del orden en el que se echen los líquidos en el recipiente siempre quedarán claramente separados y en un orden concreto. Además de esto, realizar este experimento es muy barato. Solo se necesita un recipiente transparente (a poder ser de plástico o cualquier material que no se rompa si se cae), a poder ser alargado, líquidos de diferentes densidades y colores. En el caso de que varios líquidos sean transparentes, pueden añadirse a cada uno colores diferentes utilizando un poco de pintura acrílica, colorante, tinta o cualquier elemento que de color sin alterar la densidad del líquido en la medida de lo posible. Para realizar ese experimento, he añadido en concreto tintes a dichos líquidos que mencionaré más adelante, en concreto tintes para teñir la ropa que pueden comprarse en cualquier supermercado. He utilizado esto porque con muy poca cantidad ofrece un color intenso, por lo que prácticamente no se altera la densidad de los líquidos. Otra razón por la cual he escogido este experimento es porque no hay necesidad de utilizar un aula especial para desarrollarlo. Se puede realizar en el aula donde se realiza la clase normalmente, ya que los elementos que se van a utilizar son corrientes y no hay nada que sea peligroso. El único problema que puede haber es que los líquidos se derramen, ya que el recipiente que se utilizará será de plástico o de cualquier elemento transparente que, en el caso de que se caiga, no se rompa.

Para realizar el experimento se van a utilizar los siguientes materiales: Una botella de plástico transparente, una cinta con marcas para poder ver hasta dónde echar cada uno de los líquidos, miel, jabón líquido, agua con tinte, aceite de girasol y alcohol con otro tinte diferente. Se puede ver cómo se realiza este experimento en muchos vídeos de internet. El enlace que dejo a continuación es un ejemplo del experimento obtenido de la página: [www.youtube.com: https://www.youtube.com/watch?v=4ZZAj8q-HMA](https://www.youtube.com/watch?v=4ZZAj8q-HMA)

Para comenzar este primer apartado, el docente debe realizar el experimento en el aula delante de sus alumnos, pero sin explicar la razón por la cual los líquidos no se mezclan. Una vez realizada la torre de líquidos, el docente comenzará a realizar preguntas a sus alumnos para que ellos traten de explicar qué ha pasado y por qué partiendo de sus conocimientos previos. ¿Qué ha pasado?, ¿Por qué no se mezclan los líquidos si están en el mismo recipiente?, ¿Qué separa a los líquidos?, ¿El orden de los líquidos puede cambiar?, ¿Si se utiliza un recipiente diferente, creéis que el orden de líquidos cambiaría?, ¿Con otro recipiente podrían mezclarse los líquidos?, etc. Este tipo de preguntas que realiza el maestro tienen como objetivo hacer que los alumnos utilicen lo que ya saben para tratar de dar una explicación a lo que han visto, además de generar cuestiones que deberán poner a prueba en la fase experimental. La disposición que tienen los alumnos durante la realización de la

prueba puede variar conforme el docente crea necesario: parejas, filas, pequeños grupos... Desde mi punto de vista, la mejor organización de la clase para realizar esta parte de la indagación, siempre y cuando el tiempo y el espacio del que se dispone lo permita, es la organización en "U". Prefiero esta organización porque todos los alumnos ven el experimento al mismo tiempo que se ven los unos a los otros, lo que facilita que haya un intercambio de ideas entre el gran grupo a la hora de realizar la ronda de preguntas.

❖ **Segundo paso, indagación guiada.**

Una vez realizado el experimento delante de los alumnos y planteado las preguntas abiertas para que traten de dar una explicación, los alumnos deberán repetir el experimento añadiendo alguna modificación que sea viable, es decir, tendrán de plantearse tres cuestiones que deberán comprobar y tratar de explicar.

Antes de comenzar con la experimentación, es necesario que el docente repase con los alumnos diferentes normas de seguridad. La seguridad a la hora de realizar experimentos en el aula en donde participan los alumnos es muy importante. Por este motivo es necesario utilizar materiales que no sean dañinos en caso de accidente. Por ejemplo, en este experimento no podemos utilizar un recipiente que sea de cristal, ya que si por cualquier motivo se cae, puede romperse y provocar que algún alumno o el propio docente se haga daño. Tampoco es recomendable utilizar líquidos corrosivos o que puedan dañar la piel o los ojos, ya que en esta fase de la metodología, los alumnos van a experimentar con dichos materiales, por lo que pueden mancharse con ellos, tocarse los ojos, la nariz o la boca con las manos manchadas o incluso ingerirlos. Por esta razón, es necesario repasar las normas de seguridad antes de que los alumnos comiencen a realizar el experimento por ellos mismos, ya que esto les ayudará a no cometer imprudencias. Además, el repaso de estas normas protocolos de seguridad, les introduce aún más en el contexto de experimentación científica. ya que todos los laboratorios tienen normas de seguridad muy estrictas, las cuales hay que cumplir en todo momento.

Para realizar el experimento, los alumnos se pondrán en grupos de cuatro. Cada grupo realizará de forma conjunta el experimento. He escogido esta agrupación para que los alumnos realicen trabajo en grupo, debido a que esta forma de trabajar tiene las siguientes ventajas:

- Mejora el desempeño de la actividad, ya que cada individuo puede contribuir al grupo con las actividades que mejor sabe hacer y apoyarse en sus compañeros en aquellos aspectos que más le cuestan.
- Fomenta la creatividad debido a que cada individuo aporta unas ideas y un punto de vista diferente, por lo que es mucho más enriquecedor realizar el experimento y proponer las modificaciones en grupo.

- El trabajo en grupo contribuye a la que los integrantes compartan conocimiento entre ellos, generando un mayor grado de comprensión y aprendizaje.
- Los alumnos que trabajan en grupo tienen menos estrés, ya que comparten la carga del trabajo y se dividen la responsabilidad.
- Se desarrollan habilidades y competencias que son difíciles de conseguir por medio del trabajo individual, así como conciencia de grupo y la asignación de roles dentro de este.
- Contribuye a la mejora de la gestión emocional y al desarrollo de la escucha activa.
- Aparecen oportunidades para trabajar la resolución de conflictos, para que afronten estos como algo positivo y que puede resolverse a través del diálogo, la comprensión y la escucha activa.

Es importante que el docente trate de crear grupos heterogéneos, donde todas las agrupaciones tengan en conjunto aproximadamente el mismo nivel. De esta manera, los alumnos que mejor se les de la materia estarán con los alumnos que tienen dificultades en ella, debido a que pueden ayudarse entre sí y mejorar tanto el conocimiento como la motivación de los alumnos que les cuesta entender la asignatura. Así mismo, al generar grupos que tienen un nivel parecido, desarrollarán el experimento a un ritmo parecido, por lo que es más fácil calcular los tiempos y no es tan probable que un grupo se desmarque y termine mucho antes que el resto.

Una vez creados los grupos, a cada miembro se les asignará un rol dentro de este. Hay muchos roles diferentes que cada integrante del grupo puede tener, pero en este caso, cada alumno tendrá uno de estos cuatro roles.

- Coordinador: es el encargado de la toma de decisiones, el que se encarga de que todos estén desarrollando su tarea y el que asigna de qué se encarga cada uno de los integrantes del grupo.
- Portavoz: es el encargado de hablar con cualquier persona que no sea del grupo y el que expondrá a los demás las conclusiones a las que ha llegado el grupo.
- Controlador del tiempo: es el encargado de avisar al grupo cuánto tiempo queda, si necesitan ir un poco más rápido, si se están distraendo o si van según lo previsto.
- Material: es el único miembro que puede levantarse a por cualquier tipo de material que esté en el aula.

Una vez creados los grupos y asignado un rol a cada uno de los integrantes, se puede comenzar a realizar la segunda fase de la indagación. En este apartado, cada uno de los grupos deberá repetir el experimento que ha realizado el docente. Una vez realizado el experimento, deberán añadir alguna modificación y comprobar qué es lo que pasa. ¿Qué pasaría si echas dos líquidos a la vez?, ¿Si se remueve el recipiente una vez lleno se mezclarán los líquidos?, ¿Qué pasaría si se llena el recipiente en un orden diferente al que ha hecho el profesor?, ¿Que pasa si una vez lleno el recipiente, se cierra y se le da la vuelta?

Estos son algunos ejemplos de las posibles modificaciones que pueden salir en los grupos de alumnos. El objetivo es que comprueben que hagan lo que hagan, el resultado es el mismo. De esta forma se comienza a ver que hay algo que hace que el orden siempre sea el mismo, por lo que comenzarán a intuir qué es la densidad de los materiales. En este apartado, el docente solo hace de guía, es decir, puede encaminar al grupo, pero no dar respuestas, ya que se quiere conseguir que se el propio grupo el que genere las ideas.

❖ Tercer paso, indagación abierta.

Al comenzar esta fase, los diferentes grupos ya han experimentado entre ellos con la densidad realizado varias modificaciones. Es el momento de añadir nuevos elementos. El docente pondrá a disposición de los alumnos una serie de materiales con los que podrán experimentar cada grupo. El encargado de material de cada grupo será el responsable de levantarse, coger y dejar cada uno de los materiales que escoja su grupo en conjunto. Una vez escogido un material, el grupo deberá hacer una predicción sobre qué creen que pasará al introducir el nuevo material en el recipiente. A continuación, introducirán el nuevo material y observan la reacción. Después recolectan los datos sobre lo que ha pasado y los discuten. Por último, realizan una generalización sobre lo que ha pasado. Cada grupo deberá introducir dos materiales diferentes en su experimento y realizar dos generalizaciones.

Por ejemplo, un grupo elige traer leche de la zona común. Una vez esté el encargado de material de vuelta con la leche en la mesa, el coordinador pide al grupo que se comiencen a hacer predicciones sobre lo que puede pasar: la leche va a quedarse arriba del todo, la leche caerá hasta el fondo, se quedará entre el aceite y el alcohol... Después de apuntar las predicciones se realiza el experimento y se observa qué es lo que pasa. En este caso, la leche se mezclará con el agua, debido a que tienen la misma densidad. Tras observar lo que ha pasado, recogen los datos y tratan de explicar por qué ha pasado eso para realizar la generalización. "La leche se ha mezclado con el agua porque pesan lo mismo". Esto podría ser una generalización creada por un grupo, ya que no conocen lo que es la densidad y pueden confundir este término con el peso.

En esta fase se pondrán al alcance de los grupos en una zona común diferentes materiales, los cuales están pensados para generar una reacción que haga reflexionar a los integrantes del grupo que realice el experimento. A continuación se muestran y justifican los diferentes materiales que se pondrán en la zona común para ser utilizados libremente por los grupos.

- Leche: como ya hemos visto en el ejemplo de arriba, la leche se mezclará con el agua, demostrando que los líquidos con la misma densidad se mezclan.
- Una moneda: al ser un sólido pesado, irá directamente al fondo, por lo que se demuestra que es más denso que el resto de los materiales.

- Tapón de botella: la mayoría de los alumnos pensará que se quedará en la superficie, ya que han visto como los tapones flotan en el agua. Sin embargo este se hundirá hasta posarse sobre el nivel del agua.
- Trozo de zanahoria: el sólido atravesará la capa de alcohol, la de aceite y la del agua y se posará sobre la capa de la miel, demostrando que no todos los sólidos son igual de densos.
- Corcho: este material tiene muy poca densidad, por lo que se quedará encima del nivel de alcohol, demostrando que un sólido también puede tener muy poca densidad.

Con estos materiales, los alumnos podrán sacar varias conclusiones sobre la densidad, dándose cuenta de que no es una propiedad única de los líquidos y obteniendo conclusiones que más tarde se pondrán en común con el resto de la clase. En este apartado, el docente debe de supervisar a los grupos e intervenir únicamente si es necesario. En esta parte se quiere conseguir que los alumnos trabajen en grupo de forma independiente, es decir, que el grupo se realice el experimento sin ayuda de nadie externo a él, incluido el docente. La labor principal del docente será supervisar que cada miembro del grupo desempeña bien su rol y que van hacer de guía si la situación lo requiere.

❖ **Cuarto paso, resolución de la indagación:**

Al terminar de realizar los experimentos por grupos y sacar las generalizaciones de cada uno de ellos, es hora de pasar a la siguiente fase del proceso de indagación. En este apartado, los alumnos deberán compartir entre ellos lo que ha hecho su grupo y las generalizaciones a las que ha llegado. Para ello, cada grupo tendrá su turno, en donde el portavoz será el encargado explicar todo lo que han hecho y responder a las preguntas de los demás grupos, si las hay.

Al mismo tiempo que los grupos comentan las generalizaciones a las que han llegado, el docente las va anotando en un sitio visible para todos, ya que es probable que varios grupos hayan realizado el mismo experimento por lo que puede que tengan la misma generalización o que hayan llegado a una diferente, lo cual es muy interesante de ver para los propios alumnos. En el caso de que esto ocurriera, demostraría a los alumnos que ha varias formas de interpretar los resultados de un experimento, lo que les aproxima una vez más a la experiencia científica real, ya que a interpretación de resultados es una parte muy importante de la experimentación científica.

Una vez anotadas todas las generalizaciones, el docente dará nueva información partiendo de ellas. En este caso, utilizará estas generalizaciones para explicar la densidad. Como los alumnos habrán realizado generalizaciones como: “al dar la vuelta al recipiente,

todos los elementos que hay en él se colocan en el mismo orden”, “si echamos todos los elementos a la vez, estos se ordenan siempre igual” o “algunos objetos sólidos se hundan más que otros”. El docente partirá de esto y realizará una definición muy sencilla de lo que es la densidad: “aquello que ordena los elementos del recipiente y hace que algunos objetos sólidos se hundan más que otros se llama densidad”. Esto puede ser un poco costoso de entender a los alumnos, pero la experimentación previa y el uso de las generalizaciones para crear una definición sencilla, los ayudará a comprenderla. Es probable que los alumnos hayan confundido el efecto visible de la densidad en el experimento con la masa, lo cual es entendible si no conocen la relación entre la masa, el volumen y la densidad, por lo que el docente deberá explicar estos conceptos y su relación. Para ello, el docente realizará una actividad donde se cambiará la masa y el volumen estará estable y otra donde se modificará el volumen y la masa no se cambiará.

En la primera actividad se practicará la relación que tiene la masa, el volumen y la densidad realizando una prueba donde se cambie la masa pero el volumen sea el mismo. Para ello, se necesitarán elementos sólidos que tengan aproximadamente el mismo volumen. Como es difícil encontrar materiales con exactamente el mismo volumen pero diferentes pesos, por lo que sugiero realizar láminas de distintos materiales como: madera, cartón y metal. Los alumnos manipularán estos materiales y se les preguntará cuál es la diferencia entre ellos. Los alumnos podrán contestar muchas cosas: textura, color, peso, rigidez, dureza... pero nos centraremos en el peso. El docente explicará que miden lo mismo (los alumnos comprobarán que miden lo mismo) pero que tienen diferente masa. Una vez comprobado esto, se introducirán los elementos en la torre de líquidos y los alumnos podrán comprobar que unos elementos se hundan más que otros. En este momento, el docente preguntará a los alumnos por qué se ha producido ese efecto y ellos deberán tratar de explicarlo. El docente les ayudará a llegar a la conclusión de que la densidad depende de la masa que tengan los elementos.

En la segunda actividad, queremos resaltar el volumen frente a la masa, por lo que haremos una actividad donde la masa sea la misma y el volumen cambie. Para ello se realizará una actividad de dos fases. En la primera fase, el docente sumará el peso de todos los alumnos y lo anotará en la pizarra. A continuación pedirá a los alumnos que se separen y ocupen todo el aula. Una vez hecho esto, se les explicará que ahora mismo todos los alumnos de la clase son elementos de un compuesto y ese compuesto pesa la suma de todos ellos, es decir, el número que está en la pizarra. Después se les pide que se agrupen solo en la mitad del aula. ¿Qué ha cambiado? Los alumnos podrán comprobar que la masa sigue siendo la misma, a que son los mismos alumnos, pero el volumen ha cambiado. Después se les pide que se agrupen en un cuarto del aula, volviendo a hacer la misma pregunta. De esta forma ven que el volumen puede cambiar sin alterar la masa. Con esta comprobación tan sencilla se pasa a la siguiente parte de la actividad. Se utilizarán varios

elementos que tengan la misma masa y diferente volumen, como por ejemplo un trozo de madera de balsa de 100 gramos y un trozo de plomo de 100 gramos. Los alumnos pesarán los objetos comprobando que tienen el mismo peso. En este momento, el profesor explicará que esos objetos representan lo mismo que hicieron anteriormente, el trozo de madera es lo mismo que los alumnos agrupados por toda la clase y el trozo de plomo es lo mismo que los alumnos agrupados en un cuarto de clase. En ambas ocasiones, tanto los alumnos como los materiales pesan lo mismo, pero el volumen es diferente. Una vez hayan visto clara esa comparación, se introducen los objetos en la torre de líquidos, comprobando como el plomo se hunde más que la madera. Una vez realizado el experimento, el docente volverá a preguntar por qué ha pasado eso. Los alumnos, con ayuda del profesor, deberán llegar a la conclusión de que la densidad depende del volumen.

Al haber realizado estas dos actividades, se ha llegado a la conclusión de que la densidad depende tanto de la masa como del volumen, por lo que el docente podrá expresar en la pizarra la fórmula de la densidad: $Densidad = Masa / Volumen$.

Una vez explicada la nueva información a los alumnos, estos comprueban si los resultados obtenidos en sus experimentos y las generalizaciones que hicieron son coherentes. Más tarde calcularán de forma individual la densidad del agua, la miel, el jabón, el aceite y el alcohol, para comprobar de forma matemática que el orden de los líquidos en el experimento tiene lógica. Para ello será necesario que el profesor escoja unas muestras de cada material, donde obtenga la masa y el volumen. Para realizar esto se necesita un peso y un vaso medidor de cocina donde estén indicados los mililitros. El docente realizará las medidas para toda la clase y los alumnos apuntarán la masa y el volumen de cada material. Una vez apuntados los datos, los alumnos realizarán el cálculo de la densidad y comprobarán que el orden es correcto, debido que la densidad de los materiales genera ese orden en concreto, los objetos más densos estarán en el fondo y los menos densos en la superficie.

En este paso de la indagación, el docente ha cogido más protagonismo, ya que debe aportar información nueva a los alumnos. Sin embargo, los alumnos no se quedan a la sombra de la figura del profesor, ya que son ellos los que deben comprobar que esa información es cierta por medio del experimento que han realizado en los pasos anteriores. A su vez, son los alumnos quienes más tarde ponen en práctica dicha información que les ofrece el docente al calcular matemáticamente las densidades de los elementos utilizados para hacer la torre de líquidos. Por estos motivos, a pesar de que el docente obtiene un papel mayor durante la elaboración de este paso, siguen siendo los alumnos los verdaderos protagonistas del proceso de indagación.

❖ Quinto paso, evaluación.

Hasta ahora los alumnos han experimentado con la densidad, la masa y el volumen, han comprobado la información obtenida sobre estas magnitudes y han logrado calcular la densidad de los elementos utilizados en la torre de líquidos. Ya hemos llegado al último paso de la indagación, la evaluación.

En este apartado, el docente planteará tres formas diferentes por las cuales evaluará al alumno. Con esto se trata de valorar todo el proceso que compone la metodología, así como el cumplimiento de los objetivos formulados anteriormente. El alumno será evaluado de las siguientes maneras:

La participación e implicación de los alumnos durante las sesiones será un 30% de la nota. Estas observaciones las realizará el docente durante el proceso de indagación. Ya que se ha trabajado en grupo y de forma oral durante el proceso de indagación, también se realizará una prueba individual escrita, que contará el 40% de la nota, donde expondrán lo que han aprendido durante las sesiones anteriores. Esta prueba consta de tres preguntas a desarrollar, en donde los alumnos expondrán de forma razonada lo que han experimentado y aprendido. Un ejemplo de las posibles preguntas que se realizan en esta prueba son las siguientes:

1. El otro día, Lucas vio un barco en el puerto, que era tan grande como un edificio. No entendía cómo algo tan grande y pesado podía ir por encima del agua si él tiró una piedra mucho más pequeña al mar y se hundió. ¿Podrías explicar a Lucas por qué flota el barco sobre el agua?
2. Paula está jugando con sus amigos. Entre todos van a hacer una torre de líquidos. Para ello, utilizarán agua, aceite, jabón, miel y alcohol. Paula ha dicho que si acierta el orden en el que se quedan los líquidos, sus amigos la darán todos sus caramelos. Ellos aceptan con la condición de que echarán los líquidos como ellos quieran y Paula no puede mirarlo. ¿Acertará Paula el orden?, ¿Sabes cuál es el orden?, ¿Por qué tiene ese orden y no otro?
3. Guillermo y Laura están jugando a ver qué objeto se hunde más rápido. Para verlo bien, han llenado de agua un bidón transparente. Guillermo ha escogido una moneda de dos euros y Laura un plomo redondo de 80 gramos. Guillermo dice, que aunque su moneda pesa menos, tiene más volumen y por eso se hundirá más rápido. Laura no está de acuerdo y dice que su plomo, al pesar más y tener menos volumen, se hundirá mucho más rápido que la moneda de Guillermo. ¿Quién tiene razón? Justifica tu respuesta.

A su vez, cada grupo de alumnos deberá realizar un diario, donde escribirán cada día una redacción sobre lo que han hecho ese día, sus descubrimientos, como hacen el trabajo en grupo, si ha surgido algún conflicto... Para evitar que escriba el diario un solo alumno del

grupo, cada día deberá encargarse de realizarlo un miembro diferente del grupo. Esto contará un 30% de la nota.

Estas son las pruebas por las cuales el docente comprobará si el alumno ha comprendido el contenido o no. A su vez, también debe evaluarse la actividad de indagación en sí, por lo que los alumnos rellenarán una rúbrica en la que calificarán la metodología. De esta forma, obtenemos un feedback de nuestros alumnos tras realizar la práctica. La rúbrica que se ve a continuación es un ejemplo de cómo se puede obtener feedback de los alumnos a través de una rúbrica.

	Si	No	No se
¿Has logrado aprender lo que es la densidad, la masa y el volumen?			
¿Te ha gustado esta actividad?			
¿Te ha gustado realizar el experimento?			
¿Volverías a hacer este experimento?			
¿Te gustaría volver a trabajar en grupo?			
¿Te has sentido cómodo trabajando en tu grupo?			
¿Cada miembro de tu grupo ha realizado su rol?			
¿Quieres estudiar otros contenidos de esta forma?			
¿Realizar el experimento te ha servido para entender mejor el contenido?			
¿Hay algo que quieras añadir o cambiar? Escribe en la casilla de abajo.			

--

Como se puede observar, se intenta calificar todos los apartados de la actividad que se ha realizado. En este caso, se ha centrado en sí los alumnos han aprendido el contenido a través de este método, si les ha gustado trabajar en grupo y como han trabajado los grupos y en si les ha ayudado realizar el proceso de experimentación previo para entender el contenido del que se ha hablado. Así mismo, se deja un apartado al final para que los alumnos pongan alguna observación que ellos consideren que se tenga que modificar o añadir las próximas veces que se realice una actividad así.

Con esto terminaría el quinto paso y el proceso de indagación. Sin embargo, no he mencionado el tiempo que podría durar cada apartado. La temporalización de cada apartado depende mucho del contexto de la clase, sin embargo, se puede realizar una estimación de lo que puede durar cada uno de los apartados. En mi opinión, estimo que este proceso de indagación puede durar cinco sesiones. El primer paso y parte del segundo paso puede realizarse en una sesión. Se necesita tiempo para ordenar la clase, realizar el experimento delante de los alumnos y hacer una ronda de preguntas y comentarios, sin embargo, esto no dura toda una sesión, por lo que se puede adelantar tiempo explicando lo que se realizará en el segundo paso, formando los grupos y asignando los roles para que en la próxima sesión la clase esté colocada nada más empezar. Las siguientes dos sesiones están dedicadas al segundo y tercer paso, ya que son los pasos en donde se trabaja en grupo de forma autónoma y se necesita tiempo para que realicen los experimentos por su cuenta y saquen las generalizaciones. La cuarta sesión estará dedicada al cuarto paso, en donde contarán las generalizaciones al resto de la clase, se les dará la nueva información y se harán los ejercicios de cálculo de densidad. Por último, en la quinta sesión se realizarán el último paso, la evaluación, en donde los alumnos realizarán tanto el exámen como la rúbrica. Si sobra tiempo en esta última sesión, se puede hablar con los alumnos sobre el proceso de indagación, obteniendo así un mayor feedback de la actividad realizada.

Papel del docente

Durante la realización de la propuesta, el docente ha tenido más o menos importancia dependiendo del paso de la indagación. Durante el primer paso, el docente tiene bastante peso, ya que es el que realiza el experimento y dirige toda la sesión. Sin embargo, en los siguientes pasos el docente pierde importancia y la gana el alumno. La mayoría del tiempo, el docente sirve de guía para los alumnos, los ayuda de una forma sutil y establece un marco por el cual investigan. Durante el cuarto paso el docente obtiene más peso. Puede parecer que es el personaje más importante en este paso, pero en realidad son los alumnos los que siguen teniendo el peso del proceso de indagación. Son los alumnos los que durante este paso exponen entre ellos las generalizaciones a las que han llegado con sus grupos, los que comprueban si la información que se les ha dado es veraz y los que utilizan dicha información para calcular la densidad de los elementos utilizados para realizar la torre de líquidos. El docente únicamente dirige la sesión, ofrece información a los alumnos y plantea un ejercicio. Lo mismo pasa en el quinto paso, ya que el docente diseña y realiza a prueba a los alumnos y les da la rúbrica para obtener un feedback de ellos. Sin embargo, son los alumnos los que completan la prueba y ofrecen el feedback, aportando sus opiniones y sus ideas para mejorar la actividad. Por lo tanto, durante casi todo el proceso de indagación son los alumnos los que tienen el

peso de la metodología. El docente sirve de guía y ofrece un marco en el cual actúan los alumnos durante todo el proceso.

Recursos

Los recursos que se van a utilizar en esta propuesta son bastantes, pero en realidad no requieren mucho personal ni son caros. Estos recursos se dividen según los siguientes apartados en recursos materiales, recursos humanos y recursos tecnológicos.

- **Recursos materiales**

Este tipo de recursos son los más numerosos. Se necesitan para realizar los experimentos durante el proceso de indagación. A pesar de ser una gran cantidad, son elementos corrientes y su precio no es elevado. En el siguiente cuadro se ven los diferentes materiales que se van a utilizar así como la cantidad de ellos que se necesitan. Se han dejado fuera de esta lista los elementos corrientes que hay en un aula: pupitres, sillas, lápices, pizarra...

Recurso material	Cantidad
Recipientes de plástico	Uno por cada grupo más el del profesor
Cinta adhesiva de carroceros	Una unidad
Agua	Dos litros
Aceite de girasol	Dos botellas
Alcohol etílico 96%	Tres botellas
Miel líquida	Dos botes
Leche	Un brick
Monedas	·Tres monedas de un euro

Tapones de botella	Tres
Trozos de zanahoria	Una zanahoria troceada
Corchos	Tres
Peso de cocina (gramos)	Uno
Vaso medidor de cocina (mililitros)	Uno

- **Recursos Humanos**

Para realizar esta metodología, solo se necesita al docente y a los alumnos. Es necesario anotar que siempre es beneficioso que haya más de un docente en el aula o un especialista de audición y lenguaje o de atención a la diversidad, ya que pueden aportar más puntos de vista a la actividad y servir como guía a los grupos cuando estos lo necesiten, al igual que el docente. Sin embargo, no es imprescindible que haya un segundo docente dentro del aula.

- **Recursos Tecnológicos**

En esta propuesta, el docente puede utilizar un power point para explicar la información que se da a los alumnos en el tercer paso de la propuesta.

Comentarios finales y conclusión de la propuesta

Una vez realizada la propuesta, me gustaría realizar una pequeña conclusión sobre ella. Para empezar, hay una serie de puntos bastante positivos que hay que resaltar sobre la indagación acoplada. El proceso de indagación acoplada que se muestra en esta propuesta contribuye a mejorar la motivación de los alumnos con la realización del experimento, entre otras cosas, porque son los propios alumnos los que realizan el experimento, tocan los materiales y viven el proceso de investigación científica. Así mismo, las actividades llevadas a cabo desde la metodología de la indagación acoplada, generan que los alumnos despierten la curiosidad por el mundo de las ciencias.

Otro punto positivo que tiene esta propuesta, es que los alumnos experimentan con materiales y objetos cotidianos, lo que provoca un acercamiento de la ciencia al día a día. Con actividades de este estilo, se deja de ver la ciencia como algo lejano y complicado, que solo los grandes científicos son capaces de entender; la ciencia poco a poco se vuelve más cercana apetecible para los alumnos que estudian utilizando esta clase de métodos.

También es un gran punto a favor que esta propuesta en concreto puede llevarse a varios niveles. Es muy sencillo modificar la dificultad de esta propuesta. Por ejemplo, si queremos realizar esta misma actividad para alumnos más pequeños, únicamente realizaremos el experimento de la densidad y explicaremos qué es la densidad, la masa y el volumen, sin tener que aprender ni calcular ninguna fórmula. En el caso de querer aumentar la dificultad, se puede tratar de calcular la densidad de todos los elementos que influyan en el experimento, para lo cual habrá que hallar la masa y el volumen de cada uno de ellos con el peso y el vaso medidor.

Los alumnos logran acercarse al método científico a través del proceso de indagación, ya que los pasos de la indagación acoplada son parecidos a los del método científico. En el primer paso de la indagación se observa el fenómeno y se realizan hipótesis sobre qué es lo que ha podido pasar, lo que equivale a los primeros pasos del método científico. En el segundo y tercer paso se realiza el experimento y se vuelven a realizar hipótesis al añadir modificaciones viables dentro del experimento, por lo que también forma parte del planteamiento de la hipótesis del método científico. En el cuarto paso se ponen en común las hipótesis, se añade información y se comprueba si son válidas tanto las hipótesis como la información dada, lo que equivale a la experimentación y el establecimiento de la conclusión del método científico.

El conocimiento que obtienen realizando esta metodología es muy completo y profundo, ya que logran entender a la perfección un concepto, así como establecer relaciones con otros conceptos. En este caso, aprenden el concepto de densidad y establecen relaciones con la masa y el volumen. Además de esto, experimentan con él, viendo de forma directa cómo es el concepto que estudian.

Por último, el experimento que se realiza en esta propuesta es muy fácil de realizar, puede hacerse en cualquier aula o entorno, es barato y no tiene sustancias peligrosas que puedan dañar a quien lo realiza en caso de accidente. Esto lo convierte en un experimento muy asequible para cualquier docente que quiera realizarlo en su aula.

Por otro lado, mientras se ha ido realizando la propuesta he podido apreciar puntos que pueden dificultar la puesta en práctica de esta metodología. En primer lugar, esta metodología necesita mucho tiempo para realizar los cinco pasos, lo que puede ser un problema a la hora de ponerlo en práctica en una clase real. Así mismo, el conocimiento que genera esta metodología es muy profundo y completo, sin embargo también es muy concreto. En una programación donde se deben alcanzar unos contenidos mínimos en un tiempo concreto, esta propuesta puede no ser muy viable al utilizar unos contenidos concretos empleando varias sesiones. Sin embargo, desde mi punto de vista, considero que merece la pena gastar un poco más de tiempo y realizar esta metodología para explicar algún concepto. Obviamente, no puede explicarse todo a través de esta metodología porque no hay tiempo suficiente, pero sí veo muy beneficioso utilizarla en alguna unidad didáctica.

Otra dificultad que puede tener esta metodología es que sea difícil de desarrollar en niveles bajos, como los primeros cursos de primaria. En estos niveles puede que les cueste más realizar el trabajo en grupo por ellos mismos o que no sean capaces de sacar generalizaciones o conclusiones

de los experimentos que están realizando. Por esto, es necesario adaptar esta metodología al nivel de los alumnos, al mismo tiempo que se ofrece mayor ayuda a los grupos por parte del docente e incluso de un asistente.

Por otra parte, considero que hay elementos que no se pueden enseñar a través de la indagación acoplada. Por ejemplo, es complicado explicar los diferentes tipos de energías y la diferencia entre energías renovables y no renovables siguiendo los cinco pasos de la indagación acoplada. Los contenidos que mejor pueden realizarse a través de esta metodología son aquellos que se pueden comprobar a través de un experimento sencillo, como la gravedad, la presión, el principio de arquímedes, los estados de la materia y los diferentes cambios de estado...

Por último concluir que la propuesta que se ha realizado en este trabajo de fin de grado sobre la indagación acoplada es un claro ejemplo de cómo la indagación puede utilizarse para explicar un concepto, acercando a los alumnos al mundo de las ciencias y al método científico y generando curiosidad y motivación en los alumnos que trabajan con dicha metodología.

Reflexión final del TFG:

Ya es hora de ir terminando este Trabajo de Fin de Grado, pero no sin antes realizar una pequeña reflexión sobre todo el proceso que he llevado a cabo para realizarlo. Me ha llevado muchas horas realizar tanto la investigación como el diseño de la propuesta y la elaboración escrita. Así mismo, considero que ha sido una actividad que conlleva un proceso por el cual he logrado obtener un buen aprendizaje. Me gustaría realizar esta última reflexión planteándome ciertas cuestiones tanto de la realización del Trabajo de Fin de Grado en sí, como del aprendizaje por indagación.

Comencemos a realizar el planteamiento de la primera cuestión. En este tipo de trabajos siempre hay que realizar una investigación sobre el tema que se está tratando, buscar información, sintetizarla, entenderla, relacionarla y redactarla. Durante el transcurso de los años que ha durado el Grado en Educación Primaria, he aprendido a realizar el proceso de investigación. Sin embargo, ¿La realización de este Trabajo de Fin de Grado me ha servido para aprender a investigar mejor? Cuando comencé a buscar información sobre este tema, prácticamente lo desconocía. Tuve que obtener información de varias fuentes diferentes y más tarde descartar la que prácticamente no servía de nada. Conforme más leía más información quería buscar y obtenía nuevas ideas. Ya había realizado investigaciones antes, pero en mi opinión, esta es la más profunda que he realizado. Desde mi punto de vista, considero que ya sabía buscar, sintetizar y explicar la información, para luego sacar mis propias conclusiones sobre ella, pero este trabajo me ha ayudado a aprender a investigar, a plantear cuestiones que luego poner a prueba, a relacionar la información obtenida con las ideas que he ido generando, a sacar conclusiones elaboradas y a poder realizar actividades partiendo de la investigación previa.

Otra cuestión de la que me gustaría hacer una pequeña reflexión es la siguiente. Hablando con muchos compañeros, he podido observar que muchos de ellos opinan que algunas asignaturas que se imparten en el grado no sirven absolutamente para nada. Por este motivo me gustaría reflexionar sobre la siguiente pregunta, ¿He utilizado lo que he aprendido a lo largo de los cuatro años de grado para realizar este tfg? Obviamente no voy a utilizar todas las asignaturas que he dado a la hora de realizar un trabajo, sin embargo, conforme he ido desarrollando todo el proceso, desde la búsqueda de la información, la síntesis y la reflexión, pasando por el diseño de los diferentes apartados del trabajo y la redacción, me he dado cuenta de que lo aprendido estos años me ha servido más de lo que yo creía. He podido plasmar conocimientos de cada año de grado, desde la elaboración de los diferentes apartados que comprende una unidad didáctica, diferentes tipos de metodologías, experiencias personales vividas en las prácticas que me han ayudado a reflexionar y elaborar la propuesta hasta lo aprendido en asignaturas de ciencias y las experiencias que he tenido en el laboratorio. Por lo tanto, considero importante decir que toda la formación que ofrece el grado y

las experiencias que la acompañan son útiles y podrán servirnos a lo largo de nuestra vida tanto laboral como personal.

Es hora de hablar del tema por el cual se ha realizado este TFG, la indagación. Antes de realizar este trabajo no sabía qué era la indagación, ya que durante mi formación no me habían hablado de esta metodología. Sin embargo, gracias a la realización de este trabajo he podido documentarme y descubrir una metodología que personalmente me parece muy beneficiosa para la educación y pienso que debería ponerse en práctica en los centros. Es cierto, como ya dije en la reflexión de la propuesta, que el proceso de indagación lleva mucho tiempo y se centra en una parte concreta del todo el conocimiento que se necesita explicar en una unidad didáctica. Sin embargo, opino que a veces es beneficioso emplear ese tiempo en realizar propuestas como la que he presentado anteriormente, ya que tiene muchos beneficios tanto de comprensión de contenidos como de desarrollo de competencias e incremento de la motivación en el alumnado y, como vimos en apartados anteriores, no es algo que le sobre a los alumnos de nuestro sistema educativo. En mi opinión, se debería de hablar sobre esta metodología durante la formación que recibimos los futuros maestros, ya que es una buena forma de enseñar ciencias, introducir a los alumnos en el método científico acercar el mundo científico a los alumnos, lo cual generará curiosidad y motivación por su parte. Como futuro maestro, utilizaría esta metodología en mi aula. Es cierto que no utilizaría esta metodología para realizar todo tipo de contenido. Debido al proceso que tiene y al tiempo que conlleva, utilizaría esta práctica en unidades didácticas donde los alumnos dispongan de más tiempo y con conceptos con los que puedan realizar experimentos observables y medibles, como por ejemplo la gravedad, las fuerzas, los principios de termodinámica, el principio de Arquímedes...

Por último, concluir diciendo que estos años en los que he recibido la formación para ser un futuro docente, así como la realización de este Trabajo de Fin de Grado, han generado en mí un crecimiento tanto profesional como personal, que me ha permitido ampliar mi forma de ver el mundo, me han enseñado a reflexionar, a escuchar, a ver la importancia que tiene el contexto en cualquier situación y a comprobar una y otra vez, que la profesión que es escogido, me hará cambiar el mundo a mejor. Para terminar, es muy difícil escoger una frase que recoja la esencia de todo lo aprendido y que exprese el verdadero poder de la educación. He escogido una frase de Theodore Roosevelt que creo que explica de una forma muy sencilla como la educación forma a las personas.

“Soy una parte de todo lo que he leído”

Theodore Roosevelt

Bibliografía

- Acevedo Díaz, J. (2004). *Reflexiones sobre las finalidades de la enseñanza de las ciencias: educación científica para la ciudadanía*. [online] Redalyc.org. Available at: <http://www.redalyc.org/pdf/920/92010102.pdf> [Accessed 9 Feb. 2018].
- Alfieri L., Brooks P.J., Aldrich N.J., Tenenbaum H.R. (2011) Does discovery-based instruction enhance learning? *Journal of Educational Psychology* 103, 1-18. doi:10.1037 / a0021017
- Anderson, R. (2002). *Reforming Science Teaching: What Research says about Inquiry* [Ebook]. Boulder, Colorado: University of Colorado.
- Andoni Garritz. (2010). *Indagación: las habilidades para desarrollarla y promover el aprendizaje* [Ebook]. Matamoros. Retrieved from https://andoni.garritz.com/documentos/2013/04_editVol21-2Indagacion2010.pdf
- Ariza, M.R., Aguirre, D., Quesada, A., Abril, A.M., García. F.J. (2016a) ¿Lana o metal? Una propuesta de aprendizaje por indagación para el estudio de las propiedades térmicas de materiales comunes. *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias* 15(2), 297-311. Recuperado de: http://reec.uvigo.es/volumenes/volumen15/REEC_15_2_7_ex1017.pdf
- Ariza, M.R., Quesada, A., Abril, A.M., García. F.J. (2016) Promoting Responsible Research through Science Education. Design and Evaluation of a Teacher Training Program. En *INTED2016 Proceedings 10th International Technology, Education and Development Conference* (pp. 3941-3950). Valencia: LATED Academy.
- Avilés Dinarte, G. (2011). *La metodología indagatoria: una mirada hacia el aprendizaje significativo desde "Charpack y Vygotsky"* [Ebook]. Ciudad Universitaria Carlos Monge Alfaro, Costa Rica: InterSedes. Retrieved from <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=66622603009>
- Choi A., Jerrim J,. (2015). The use (and misuse) of PISA in guiding policy reform: the case of Spain. 12-3-2018, de IEB Sitio web: <https://poseidon01.ssrn.com/delivery.php?ID=084013121017005087016086099124030109118032061048043044009117117089082118106094074092005049039026020056054098120085081127101073108057014069082019071080003070>

- El Confidencial. (2016). España mejora en Matemáticas y Ciencia, pero sigue por debajo de la media de la UE. Retrieved from https://www.elconfidencial.com/alma-corazon-vida/2016-11-29/espana-matematicas-ciencia_1296872/
- Fernández, I., Gil, D., Valdés, P., & Vilches, A. (2005). *¿Cómo promover el interés por la cultura científica? Una propuesta didáctica fundamentada para la educación científica de jóvenes de 15 a 18 años* [Ebook] (pp. 29-62). Santiago de Chile: OREALC/UNESCO.
- Fundación Cotec para la Innovación. (2016). *COTEC INFORME* [Ebook]. Madrid. Retrieved from <http://cotec.es/pdfs/COTEC-informe-2016.pdf>
- Furtak E.M., Seidel T., Iverson H., Briggs D.C. (2012) Experimental and Quasi-Experimental Studies of Inquiry-Based Science Teaching. *Review of Educational Research* 82(3), 300-329.
- Gil Pérez, D. (1993). *Contribución de la historia y de la filosofía de las ciencias al desarrollo de un modelo de enseñanza/aprendizaje como investigación* [Ebook]. Enseñanza de las Ciencias.
- Instituto Nacional de Evaluación Educativa. (2015). *TIMSS 2015. Informe español* [Ebook]. Madrid. Retrieved from https://www.mecd.gob.es/inee/dam/jcr:1ce5e042-4ee4-4d8f-8d0b-605586dc0159/educaine_e50provokk.pdf
- Lazonder A.W., Harmsen R. (2016) Meta-analysis of Inquiry-Based Learning Effects of Guidance. *Review of Educational Research* 20(10), 1-38. DOI 10.3102/0034654315627366.
- Martin-Hansen L. (2002). Defining Inquiry Exploring the many types of inquiry in the science classroom. *The Science Teacher* 69,2, 34. Retrieved from http://www.studentachievement.org/wp-content/uploads/Defining_Inquiry_in_Science.pdf
- Minner D., Leavy A., Century J. (2010) Inquiry-based science instruction-What is it and does it matter? Results from a research synthesis years 1984 to 2002. *Journal of Research in Science Teaching* 47, 474-496. doi: 10.1002/tea.20347
- National Research Council. (2000). *Inquiry and the National Science Education Standards. A Guide for Teaching and Learning*. Washington, DC: National Academy Press.

- OCDE. (2015). *Informe PISA* [Ebook]. Retrieved from <https://www.oecd.org/pisa/pisa-2015-results-in-focus-ESP.pdf>
- Rabadán Vergara, J. (2012). *LA ENSEÑANZA Y APRENDIZAJE DE LAS CIENCIAS MEDIANTE LA INDAGACIÓN COMO FACTOR DETERMINANTE EN LA MEJORA DE LA CALIDAD DE LOS APRENDIZAJES DE LOS ALUMNOS*. [Ebook]. Santander: Universidad de Cantabria. Retrieved from <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=4644665>
- Reyes-Cárdenas, F., & Padilla, K. (2012). *La indagación y la enseñanza de las ciencias*[Ebook]. Ciudad de México: Scielo. Retrieved from http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0187-893X2012000400002
- Rodríguez Arteche, I., & Martínez Aznar, M. (2016). *INDAGACIÓN Y MODELOS DIDÁCTICOS: LA REFLEXIÓN DE CUATRO PROFESORES DE FÍSICA Y QUÍMICA EN FORMACIÓN INICIAL* [Ebook]. Campo Abierto. Revista de Educación. Retrieved from <https://mascvuex.unex.es/revistas/index.php/campoabierto/article/view/2839>
- Romero-Ariza, M. (2017). *El aprendizaje por indagación: ¿existen suficientes evidencias sobre sus beneficios en la enseñanza de las ciencias?* [Ebook]. Cádiz: Revista Eureka. Retrieved from <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=92050579001>
- Rubes editorial. (2011). *Informe ENCIENDE* [Ebook]. Madrid. Retrieved from http://www.cosce.org/pdf/Informe_ENCIENDE.pdf
- Secretaría General Técnica. (2009). *Educación científica "Ahora": El Informe Rocard* [Ebook]. Retrieved from <https://sede.educacion.gob.es/publiventa/PdfServlet?pdf=VP15136.pdf&area=E>
- Torrano, F., & Soria, M. (2016). *Una aproximación al aprendizaje autorregulado en alumnos de educación secundaria* [Ebook]. La Rioja: Contextos educativos. Retrieved from <https://publicaciones.unirioja.es/ojs/index.php/contextos/article/view/2838>
- Torre de líquidos - Escuela de verano para docentes - www.galileo2.com.mx/. (2013). Retrieved from <https://www.youtube.com/watch?v=4ZZAj8q-HMA>