

UNIVERSIDAD DE ALMERÍA

ESCUELA INTERNACIONAL DE MÁSTER



Máster en Profesorado de Educación Secundaria Obligatoria y

Bachillerato, Formación Profesional y Enseñanza de Idiomas.

Curso académico: 2017/2018

**Búsqueda de pruebas para poner en conflicto las concepciones sobre la
generación espontánea en ESO**

**Looking for evidence about to conflict spontaneous generation
misconceptions in High School**

Tutora: María Rut Jiménez Liso

Biología y Geología

Autora: Lucía María Rama Espejo

Resumen

En el presente trabajo se desarrolla el diseño de una propuesta de enseñanza para alumnos de la ESO con el objetivo de poner en cuestión las concepciones sobre la generación espontánea desde una participación activa del estudiante. Así se ha decidido desarrollar dicha propuesta bajo el enfoque de enseñanza IBSE, diseñando de manera fundamentada una secuencia de actividades en la que se plantea una situación problema a partir de la cual se establecen unas hipótesis que son puestas a prueba junto con la elaboración de un modelo para explicar y predecir nuevos fenómenos. Gracias a este modelo se obtienen unos resultados a partir de los cuales se extraen unas conclusiones que permiten poner en conflicto las ideas próximas a la teoría de la generación espontánea. Este conocimiento se puede aplicar a fenómenos cercanos, consiguiendo afianzar los conocimientos de manera más efectiva, pues es el propio alumnado quien construye nuevas ideas basadas en pruebas. Además, se aportan temas de interés con los que el docente puede relacionar esta secuencia, ampliando así el conocimiento del alumnado.

Palabras clave: Indagación, concepciones alternativas, generación espontánea, origen de la vida.

Summary

In the present work the design of a teaching proposal for high school students is developed with the aim of questioning the misconceptions about spontaneous generation from an active participation of the student. Thus, it has been decided to develop this proposal under the IBSE teaching approach, designing in a well-founded manner a sequence of activities in which a problema situation is posed, from which hypotheses are established that are put to the test together with the elaboration of a model to explain and predict new phenomena. Thanks to this model results are obtained from which conclusions are drawn that allow to put into conflict the ideas next to the theory of spontaneous generation. This knowledge can be applied to nearby phenomena, managing to consolidate knowledge more effectively, since it is

the students themselves who build new ideas based on test. In addition, topics of interest are provided with which the teacher can relate this sequence, thus expanding the knowledge of students.

Key words: Inquiry, alternative conceptions, spontaneous generation, origin of life.

Índice

1. Introducción.....	5
2. Justificación de la elección del tema.....	7
3. Estado de la Teoría de la Generación espontánea	8
Antecedentes históricos.....	9
4. Fundamentación del enfoque de enseñanza, de la selección y organización del contenido	11
4.1. Análisis del currículo de la E.S.O.	11
4.2. Se necesitan enfoques de enseñanza no transmisivos	15
4.3. Enfoque de enseñanza por indagación (IBSE)	16
4.4. Barreras ante la implementación del enfoque IBSE.....	17
4.5. Concepciones alternativas	19
5. Propuesta didáctica	21
5.1. Objetivos.....	22
5.2. Secuencia	23
5.3. Recursos empleados.....	35
5.4. Estructura de la clase y temporalización de la secuencia	35
6. Evaluación.....	37
7. Conclusiones generales, propuestas de mejora y perspectivas de futuro.	41
8. Referencias	43
9. Anexos.....	45

1. Introducción

A pesar de las mejoras que presenta el sistema educativo actual de nuestro país en comparación al de hace años, aún requiere muchos esfuerzos por parte de la comunidad educativa. Podemos hacer esta afirmación gracias a los resultados obtenidos en los informes PISA de los últimos años, los cuales muestran que el nivel en ciencias de los estudiantes españoles de 14 años se encuentra por debajo de la media. En las primeras etapas de un niño, son diversas las cuestiones que se hace intentando averiguar el porqué de las cosas, pero a medida que su conocimiento académico en ciencias se desarrolla, aparecen las contradicciones. Por un lado el conocimiento científico que se imparte en las clases está muy alejado de lo cotidiano, así que no se da respuesta a las inquietudes del estudiante. Por otro, la actitud por parte de este estudiante hacia las ciencias va en detrimento, no solo se pierde el interés por la ciencia, sino que además se adquiere una imagen distorsionada de ella. Por todo esto, cada vez son más los alumnos que no optan por asignaturas de esta índole y cada vez son menos los que estudian carreras científicas. Así, el cambio de actitud hacia las ciencias se asigna mayoritariamente al alejamiento de lo académico y lo cotidiano (Aragón, 2004). Gil, Silfredo, Valdés y Vilches (2015) señalan que la falta de interés que se ha explicado anteriormente junto al fracaso escolar que va en aumento, constituye un serio problema educativo y social.

Nuestro país necesita avanzar en la preparación de los estudiantes para el mundo tan exigente en el que nos encontramos. Para que el país siga su desarrollo enfrentándose a nuevos retos y dando soluciones a los mismos, es fundamental que la sociedad adquiera conocimientos científicos que les permitan entender el mundo actual. Es más, los avances de las antiguas culturas han estado apoyados en conocimientos científicos producto del esfuerzo y de la creatividad de aquellos históricos.

El aspecto más relevante que aún se observa en muchas aulas de España (Red IRES, 2009), ¿la enseñanza transmisiva es efectiva para que los alumnos sean capaces de comprender un tema determinado? Evidentemente la respuesta está clara, no. El alumno necesita que tenga sentido el tema en cuestión y que sea mucho más interesante que estar jugando con su teléfono móvil, y, desde luego esto no se

consigue con una enseñanza transmisiva y desconectada. Si bien los temarios de ciencias apagan la curiosidad de los alumnos, deben darse enfoques alternativos a este tipo de enseñanza mayoritaria en los centros de secundaria, los cuales insisten en que los alumnos desempeñen un papel más activo en clase (Campanario y Moya, 1998). Esto se puede conseguir mediante actividades que pongan de manifiesto las relaciones entre la Ciencia, la Tecnología y la Sociedad, actividades en las que se hace uso de la Historia de la Ciencia, actividades que pongan de manifiesto aspectos cotidianos de la ciencia, además de emplear analogías de modelos y simulaciones (Aragón, 2004). Pero es evidente que un enorme obstáculo lo constituyen los profesores y las autoridades educativas, que tienden a ser conservadores a la hora de aceptar e implementar todas estas nuevas propuestas (Campanario y Moya, 1998).

Sirve esta reflexión inicial de base para plantear como objetivo de este Trabajo Fin de Máster elaborar una lista de las posibles mejoras aplicables al sistema educativo, desde mi reflexión como futura docente en formación y tras mi breve experiencia como docente en prácticas. Dentro del ámbito de ciencias, se centra en un aspecto en concreto, un enfoque concreto que gracias a la asignatura del máster “Aprendizaje y Enseñanza de la Biología y la Geología” he llegado a conocer y que personalmente debería de ser aplicable en las aulas por los resultados exitosos que obtiene, el método de indagación IBSE (el acrónimo en inglés de Inquiry-Based Science Education) con lo que se refiere a la enseñanza de las ciencias basada en indagación. Esta primera mejora (conocer las ventajas del enfoque IBSE) la intentaremos materializar en elaborar una propuesta fundamentada de enseñanza basada en la indagación en torno a la temática de la generación espontánea, que será el esqueleto de este trabajo.

El objetivo de la secuencia será poner en conflicto la teoría de la generación espontánea, desde 1º a 4º de la ESO, aunque también podría ser aplicable en 1º de Bachillerato, en ambos casos en la asignatura de Biología y Geología.

Detallaremos una secuencia de actividades junto a las cuales se añade una reflexión acerca del porqué de la elección de las mismas y un análisis posterior de qué características del enfoque IBSE se han desarrollado y cuáles no.

Debido a la falta de tiempo y a la desconexión entre el segundo periodo de prácticas y el TFM, esta secuencia no va a poder ser implementada, de haberse podido llevar a cabo, se hubiera procedido a la recogida de información acerca del grado de conocimiento de este tema antes y después de la implementación, para así comprobar si se ha producido una evolución del aprendizaje. Además se hubiera analizado el acercamiento del alumnado acerca del modo de funcionamiento de la actividad científica, el reconocimiento del alumnado sobre el enfoque de enseñanza implementado y sus emociones a lo largo de la secuencia. Creemos que la manera de enseñar influye en el aprendizaje, por lo que aquí se pretende obtener un trabajo bien estructurado que permita al alumnado interactuar, actuar, reflexionar y hablar sobre la vida, o lo que es lo mismo, hacer ciencia. En las secuencias vividas en la asignatura de Aprendizaje y Enseñanza de la Biología y la Geología también se ha hecho especial hincapié en que los estudiantes tomen conciencia no solo de lo aprendido y cómo lo han aprendido, sino también de las emociones que les ha producido (no siempre positivas).

Si para obtener excelentes resultados, se requiere un buen trabajo, el docente debe trabajar duro, comenzando con la clarificación conceptual, con el estado del tema en cuestión, tanto actualmente como en el pasado, seguido de una investigación acerca de cuáles son las concepciones alternativas que inundan a los docentes y finalizando con en el diseño innovador de esa propuesta.

2. Justificación de la elección del tema

Aunque sí sabía que mi trabajo final de máster iba a consistir en el desarrollo de una propuesta fundamentada de enseñanza con el método IBSE ya mencionado, he de decir que no tenía claro el tema en el que me iba a centrar. Eran varias las ideas que tenía en mente, hasta que decidí estudiar las ventajas y los inconvenientes que tenían cada una de ellas, quedándome finalmente con un tema, la generación espontánea.

En cuanto al motivo de mi elección, creo que la mayoría de todos nosotros se ha cuestionado alguna vez en su vida cómo es posible que de aquel animal que vimos en

el campo pasados unos días después su muerte, surgieran gusanos. Aunque parezca mentira, es un enigma que desconocía hasta hace poco, por lo que pensé que, si a mí me impactó, a los más jóvenes les encantaría desvelar esta inquietud, y qué mejor manera que siendo ellos mismos los protagonistas, los verdaderos científicos. Es un tema que daría mucho juego en clase a la hora de realizar modelos y experimentos que verifiquen o desmientan las hipótesis formuladas por los estudiantes a partir de las ideas que poseen.

Otro aspecto que me animó a realizar la propuesta didáctica acerca de este tema es el siguiente. A pesar de que en el currículo de la ESO se abordan temas relacionados con el origen de la vida, esta teoría no entra dicho currículo como tal. Podría decir que cualquier alumno que acabe de cursar esta educación, no sería capaz de justificar correctamente cómo es posible que aparezcan pequeños organismos en la materia orgánica en descomposición. Esto nos da a entender que algo va mal en el proceso de enseñanza. Se dan contenidos, pero sin aplicarlos a la realidad, entonces me pregunto, ¿de qué sirve enseñar de este modo?

3. Estado de la Teoría de la Generación espontánea

Han sido muchos los años durante los cuales se ha mantenido la creencia de que podían surgir seres vivos de la materia inorgánica. Esta teoría es la conocida como generación espontánea. Se trata de uno de los problemas biológicos que ha tenido más debate desde el mundo clásico hasta nuestros días, ocupando la atención de muy diversos pensadores en cuanto a puntos de vista y en diferentes países y épocas (Camós, 2016). Así, fueron muchos los experimentos que surgieron a partir de ella, tanto a favor (Jean Babtiste Van Helmont, 1577-1644) como en contra (Francisco Redi, 1626-1697).

La idea de generación espontánea aguarda tres concepciones diferentes: la de generación equívoca en primer lugar, que afirma que una especie nace a partir de otra diferente, idea rechazada ya en el siglo XVIII. En segundo lugar se encuentra la heterogénesis, es decir, la posibilidad de que se formen seres vivos a partir de restos

de otros seres vivos. Y por último la abiogénesis, es decir, la formación de seres vivos a partir de materia inorgánica (Acevedo-Díaz, García-Carmona y Aragón, 2016).

Antecedentes históricos

Durante los primeros años del siglo XVII no existían apenas razones en contra de esta teoría, hasta que una serie de científicos se interesaron tanto por el tema que diseñaron sus propios experimentos para validar sus hipótesis.

Todo comenzó cuando John Needham realizó un experimento para probar la generación de vida de manera espontánea, estando convencido de que era posible. Así colocó un poco de caldo de cordero en un matraz que cerró con un corcho para que nada pudiera entrar. Después de esto calentó el matraz para asegurarse de que cualquier organismo que pudiera haber entrado, muriese. Fue después de unos días cuando el londinense encontró animáculos en el interior de los matraces. Ante esta afirmación, Count Buffon postuló que una “fuerza vegetativa” actuaba sobre la materia en descomposición para dar vida a estos seres.

Una vez que Needham publicó sus trabajos, Spallanzani, un italiano opositor de la idea de la generación espontánea, no paró hasta demostrar que tanto Needham como Buffon estaban equivocados. Empezó suponiendo que los microorganismos crecían en el interior de los matraces bien porque los corchos no conseguían aislar completamente el contenido del exterior o bien porque no se habían calentado lo suficiente. Spallanzani comenzó su experimento colocando varias semillas y agua destilada en los matraces y, para que quedaran cerrados por completo, calentó un poco los cuellos e hirvió el contenido en diferentes periodos de tiempo (algunos desde minutos, otros hasta horas). Además de estos matraces, empleó otros como controles, tapándolos herméticamente. Días más tarde, Spallanzani encontró microorganismos en aquellos matraces que habían estado hirviendo poco tiempo, mientras que en los que habían estado hirviendo durante una hora y además estaban cerrados, no. En cuanto a los matraces tapados con corcho observó que tenían microorganismos, incluso aquellos que se habían mantenido en ebullición durante una hora.

Los experimentos de Spallanzani parecían suponer una prueba concluyente de que la generación espontánea era imposible, pero Needham y Buffon reaccionaron en contra de estos hechos. Por un lado, Needham afirmaba que las semillas que Spallanzani colocó poseían una “fuerza vegetativa” y que el calor que había aplicado a los matraces las había debilitado no pudiendo crear la vida que él sí observó.

La existencia de esta fuerza vegetal influyó en la mente de muchos científicos del siglo XVIII, por lo que la controversia se mantuvo, hasta que de nuevo Spallanzani actuó. Esta vez, utilizó unos matraces en los cuales introdujo semillas y de nuevo, antes de sellarlos con corchos, los calentó durante distintos periodos de tiempo, desde tan solo unos minutos hasta el tiempo necesario para que las semillas se carbonizaran. Según la idea de Needham, no debería haber microorganismos en los matraces cuyas semillas estaban carbonizadas, pero no ocurrió así. De nuevo Needham se defendió afirmando que mientras Spallanzani calentaba los matraces, destruía la elasticidad del aire, cualidad imprescindible para la “fuerza vegetal”. Así que Spallanzani se dispuso a desmentir la idea.

Con el término de “elasticidad del aire”, Needham hacía referencia a lo siguiente: los matraces empelados por Spallanzani tenían un cuello largo, lo cual requería bastante tiempo calentarlos para conseguir sellarlos con éxito. Estos matraces fueron sellados cuando aún el aire de su interior estaba caliente, por lo que días más tarde, el aire ya se había enfriado y, por lo tanto, contraído. Así, cuando los abrió para observar la composición entró aire (el aire de su interior había perdido elasticidad).

Para refutar la nueva idea de Needham, Spallanzani introdujo en los matraces semillas y agua y disminuyó el diámetro de sus cuellos. Después de dejar que el aire interno y externo alcanzaran la misma temperatura, selló los cuellos para que el aire de dentro no sufriera modificaciones, y por último, los hirvió durante una hora. Al abrir los matraces un mes después, se dio cuenta de cómo la llama de una vela se desviaba, lo cual indicaba que salía aire del interior, es decir, la elasticidad del aire era mayor y no menor como afirmó Needham.

Este último experimento fue calificado como crucial para falsar la teoría de la generación espontánea, pero aun existían personajes distinguidos que se aferraron a creencias anteriores, por lo que la creencia de esta idea aun persistió en el siglo XIX (Lawson, A., 1974).

Destaca el caso de Louis Pasteur, quien intentó resolver el asunto desacreditando aún más el trabajo de Needham, pues llegó a la misma conclusión que Spallanzani al realizar sus mismos experimentos. Sin embargo, una vez más, sus críticos le acusaron, esta vez afirmando que al calentar los frascos cambió el “aire natural” que requieren los microorganismos para generarse (Byington, 2001). Ante esto, Pasteur se puso de nuevo manos a la obra. Colocó nutrientes en matraces pero a diferencia de los anteriores experimentos, dobló los cuellos sometiéndolos a calor y de manera que la boca de los mismos quedara hacia abajo (los famosos frascos cisne), evitando la entrada de microorganismos pero permitiendo la de “aire natural”. A continuación, hirvió el contenido varios minutos y, tras unos días, observó que no había ningún microorganismo en el medio. Con esto, Louis Pasteur afirmó que la vida en estas infusiones surge exclusivamente de las partículas sólidas suspendidas en el aire. Pero, a pesar de la claridad y la lógica de sus experimentos, no fueron aceptados completamente (Lawson, 1974).

4. Fundamentación del enfoque de enseñanza, de la selección y organización del contenido

4.1. Análisis del currículo de la E.S.O.

En el mismo proceso de aprendizaje se desarrolla una competencia básica, la de aprender a aprender, por lo que el currículo básico incide en el carácter procedimental de todos sus elementos constituyentes y de sus relaciones, y ayuda a los estudiantes a desarrollar esta capacidad mediante el ejercicio de los procesos cognitivos, tales como analizar, sintetizar, relacionar, comparar, aplicar, evaluar, argumentar, etc. Y favoreciendo en el alumnado el gusto y la satisfacción que produce el descubrimiento de la verdad.

Así, antes de comenzar a desarrollar la secuencia didáctica, es fundamental conocer y analizar el currículo básico de la Educación Secundaria Obligatoria para identificar cuáles son los elementos que determinan los procesos de enseñanza y aprendizaje en el ámbito de interés, el de la Biología y la Geología. Para ello, se recurre al Real Decreto 1105/2014, por el que se diseña el currículo básico de la Educación Secundaria Obligatoria (ESO) y del Bachillerato. En este Real Decreto se establece que la asignatura de Biología y Geología debe contribuir durante la Educación Secundaria Obligatoria (ESO), a que el alumnado adquiera unos conocimientos y destrezas básicas que le permitan adquirir una cultura científica; los alumnos y alumnas deben considerarse agentes activos, y reconocer que de sus actuaciones y conocimientos dependerá el desarrollo de su entorno.

Del mismo modo, se afirma que en el cuarto curso de la ESO, se inicia al alumnado en las grandes teorías que han permitido el desarrollo más actual de esta ciencia.

A continuación, se expone una tabla en la que se encuentra el contenido en cuestión, junto al cual se reúnen un conjunto de criterios de evaluación y estándares de aprendizaje, entendidos dichos conceptos como:

- Contenidos. Conjunto de conocimientos, habilidades, destrezas y actitudes que contribuyen al logro de los objetivos de cada enseñanza y etapa educativa y a la adquisición de competencias.
- Estándares de aprendizaje evaluables. Especificaciones de los criterios de evaluación que permiten definir los resultados de aprendizaje, y que concretan lo que el estudiante debe saber, comprender y saber hacer en cada asignatura. Estos estándares deben ser observables, medibles y evaluables, así como ser capaces de graduar el rendimiento o logro alcanzado. Su diseño debe contribuir y facilitar el diseño de pruebas estandarizadas y comparables.
- Criterios de evaluación. Son el referente específico para evaluar el aprendizaje del alumnado. Describen el objeto de valoración y de logro, tanto en conocimientos como en competencias; responden a lo que se pretende conseguir en cada asignatura.

Como se puede observar en dicha tabla, no existen unos criterios de evaluación ni unos estándares de aprendizaje concretos para nuestro tema de estudio, uno de los motivos por los cuales me decanté por este tema. Es una idea que está en la mente de cualquiera, pero no se es consciente de ello.

Contenidos	Criterios de evaluación	Estándares de aprendizaje evaluables
Bloque 1. La evolución de la vida		
<p>La célula. Ciclo celular. Los ácidos nucleicos. ADN y Genética molecular. Proceso de replicación del ADN. Concepto de gen. Expresión de la información genética. Código genético. Mutaciones. Relaciones con la evolución. La herencia y transmisión de caracteres. Introducción y desarrollo de las Leyes de Mendel. Base cromosómica de las leyes de Mendel. Aplicaciones de las leyes de Mendel. Ingeniería Genética: técnicas y aplicaciones. Biotecnología. Bioética. Origen y evolución de los seres vivos. Hipótesis sobre el origen de la vida en la Tierra. Teorías de la evolución. El hecho y los mecanismos de la evolución. La evolución humana: proceso de hominización.</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. Determinar las analogías y diferencias en la estructura de las células procariotas y eucariotas, interpretando las relaciones evolutivas entre ellas. 2. Identificar el núcleo celular y su organización según las fases del ciclo celular a través de la observación directa o indirecta. 3. Comparar la estructura de los cromosomas y de la cromatina. 4. Formular los principales procesos que tienen lugar en la mitosis y la meiosis y revisar su significado e importancia biológica. 5. Comparar los tipos y la composición de los ácidos nucleicos, relacionándolos con su función. 6. Relacionar la replicación del ADN con la conservación de la información genética. 7. Comprender cómo se expresa la información genética, utilizando el código genético. 8. Valorar el papel de las mutaciones en la diversidad genética, comprendiendo la relación entre mutación y evolución. 9. Formular los principios básicos de Genética Mendeliana, aplicando las leyes de la herencia en la resolución de problemas sencillos. 10. Diferenciar la herencia del sexo y la ligada al sexo, estableciendo la relación que se da entre ellas. 11. Conocer algunas enfermedades hereditarias, su prevención y alcance social. 12. Identificar las técnicas de la Ingeniería Genética: ADN recombinante y PCR. 13. Comprender el proceso de la clonación. 14. Reconocer las aplicaciones de la Ingeniería Genética: OMG (organismos modificados genéticamente). 15. Valorar las aplicaciones de la tecnología del ADN recombinante en la agricultura, la ganadería, el medio ambiente y la salud. 16. Conocer las pruebas de la evolución. Comparar lamarckismo, darwinismo y neodarwinismo. 17. Comprender los mecanismos de la evolución destacando la importancia de la mutación y la selección. Analizar el debate entre gradualismo, saltacionismo y neutralismo. 18. Interpretar árboles filogenéticos, incluyendo el humano. 19. Describir la hominización. 	<ol style="list-style-type: none"> 1.1. Compara la célula procariota y eucariota, la animal y la vegetal, reconociendo la función de los orgánulos celulares y la relación entre morfología y función. 2.1. Distingue los diferentes componentes del núcleo y su función según las distintas etapas del ciclo celular. 3.1. Reconoce las partes de un cromosoma utilizándolo para construir un cariotipo. 4.1. Reconoce las fases de la mitosis y meiosis, diferenciando ambos procesos y distinguiendo su significado biológico. 5.1. Distingue los distintos ácidos nucleicos y enumera sus componentes. 6.1. Reconoce la función del ADN como portador de la información genética, relacionándolo con el concepto de gen. 7.1. Ilustra los mecanismos de la expresión genética por medio del código genético. 8.1. Reconoce y explica en qué consisten las mutaciones y sus tipos. 9.1. Reconoce los principios básicos de la Genética mendeliana, resolviendo problemas prácticos de cruzamientos con uno o dos caracteres. 10.1. Resuelve problemas prácticos sobre la herencia del sexo y la herencia ligada al sexo. 11.1. Identifica las enfermedades hereditarias más frecuentes y su alcance social. 12.1. Diferencia técnicas de trabajo en ingeniería genética. 13.1. Describe las técnicas de clonación animal, distinguiendo clonación terapéutica y reproductiva. 14.1. Analiza las implicaciones éticas, sociales y medioambientales de la Ingeniería Genética. 15.1. Interpreta críticamente las consecuencias de los avances actuales en el campo de la biotecnología. 16.1. Distingue las características diferenciadoras entre lamarckismo, darwinismo y neodarwinismo. 17.1. Establece la relación entre variabilidad genética, adaptación y selección natural. 18.1. Interpreta árboles filogenéticos. 19.1. Reconoce y describe las fases de la hominización.

4.2. Se necesitan enfoques de enseñanza no transmisivos

Como ya se mencionó anteriormente, la metodología de la enseñanza debe cambiar por completo, de manera que el papel secundario que ocupa la práctica científica en el aula pase a un primer plano y se dejen a un lado las creencias de que basta con transmitir los conocimientos de forma clara y ordenada para que los alumnos lo comprendan. El objetivo es crear ciudadanos competentes y como bien se redacta en el Real Decreto 1105/2014, de 26 de diciembre, la competencia supone una combinación de habilidades prácticas, conocimientos, motivación, valores éticos, actitudes, emociones, y otros componentes que se movilizan para lograr una acción eficaz. Las competencias, por tanto, se conceptualizan como un “saber hacer”.

El estudiante debe basar su aprendizaje en el planteamiento y resolución de problemas, de manera que sea el mismo quien construya los principios y leyes científicos. Este sería el método ideal mediante el cual conseguiría adquirir las competencias ya mencionadas anteriormente. Si el estudiante encuentra por si mismo las soluciones a cualquier problema, conseguiría aprender las cosas haciéndolas, lo que haría más probable que las recordara, es decir, el concepto se aprende de forma conjunta al procedimiento de aprender dicho concepto.

Uno de los problemas de los estudiantes es que no saben que no saben, es decir, no siempre son conscientes de que no son capaces de formular sus dificultades como problemas de comprensión (Campanario y Moya, 1998). Como bien comenta Baker, si ellos no saben que poseen conocimientos científicos erróneos, la probabilidad de que tomen alguna postura para clarificar su comprensión será nula (Baker, 1991).

El aprendizaje por indagación persigue y consigue los objetivos que se han propuesto al principio de este documento, es decir, la participación activa de los estudiantes, así como el aprendizaje y la aplicación de los procesos científicos, en busca de la actividad autónoma del alumnado. Así se define a este tipo de aprendizaje como una alternativa a los métodos pasivos basados en la memorización y en la rutina (Campanario y Moya, 1998).

4.3. Enfoque de enseñanza por indagación (IBSE)

En este apartado se detallan las características de las propuestas didácticas IBSE, es decir, el enfoque de enseñanza de las ciencias basado en la indagación. A modo de síntesis, he de decir que esta propuesta estará constituida por una secuencia de actividades que siguen el esquema pregunta-predecir-buscar pruebas-comprobar-explicar.

En primer lugar, los estudiantes, con el objetivo de contestar a una **pregunta** acerca de cierta experiencia cotidiana que previamente lanza el docente, deben de formular unas **hipótesis**, las cuales estarán determinadas por sus concepciones alternativas. Estas hipótesis pretenden dar a conocer la veracidad de las predicciones acerca de esa situación concreta. El alumnado debe de establecer dichas hipótesis dando **argumentos** previamente razonados. El objetivo de esta fase es que los propios alumnos se percaten de cuáles son las ideas que poseen acerca de dicha experiencia. Ni qué decir cabe, la gran discusión que se genera en el grupo para que todos los miembros se pongan de acuerdo en la hipótesis a formular, proceso mediante el cual se consigue despertar la capacidad de razonamiento y de justificación de las ideas que posee cada estudiante. Se trata de una fase del proceso muy enriquecedora, que llevará al éxito siempre y cuando la situación o experiencia real de partida llame su atención, involucrándose al completo por la actividad. Al mismo tiempo que defienden su postura inicial y van en contra de la del compañero, muchos de ellos se percatan de que quizás la suya no es la opción más válida, pues la idea del compañero está mucho mejor justificada.

El siguiente paso es diseñar una experiencia-experimento que permita buscar pruebas, de manera que los alumnos puedan validar sus hipótesis, es decir contrasten el desarrollo y los resultados de la misma con sus predicciones. Coincidan o no los resultados por ambas partes, el estudiante podrá entender cuál es el verdadero conocimiento científico, gracias a la oportunidad que se le ha brindado de ser él mismo quien participe en la **construcción de su conocimiento científico** (Campanario y Moya, 1998). Cuando el estudiante es capaz de construir una justificación con fundamento científico se prueba que ha comprendido el fenómeno científico del que trata, hasta

ser capaz de interrelacionar ideas y conocimientos, además de aplicarlos a casos concretos (Custodio, 2015). El esquema general del enfoque de enseñanza por el método IBSE se encuentra en el Anexo 1.

El uso de un modelo para explicar, hace que el alumnado tenga asentadas las bases de su conocimiento, y que el docente pueda profundizar más en el tema, de manera que aplique dicho conocimiento a otras situaciones reales (predecir), comprobando el alumno que la ciencia no es una mera práctica de laboratorio, sino que se encuentra en cada una de las situaciones y procesos que envuelven el mundo.

Por último, sería un gran paso el que el docente se percatara de que el alumno/a ha comprendido el conocimiento científico objeto de estudio.

El hecho de que el estudiante comprenda que los conocimientos previos que posee guían la observación, ya es un paso muy valioso, pero lo sería más si consiguiera que se diera cuenta de que suelen estar equivocados en sus concepciones del mundo que nos rodea, haciendo hincapié en que antes de afirmar algo, debe ser comprobado por uno mismo (Campanario y Moya, 1998).

4.4. Barreras ante la implementación del enfoque IBSE

La mayoría de los profesores de ciencias creen que el aumento de la participación del estudiante puede llegar a conseguir grandes logros en el aprendizaje de los mismos. Tanto unos como otros, es decir, profesores y alumnos/as deben implicarse activamente en un proceso en el cual los primeros animen a los segundos a expresar sus ideas, a pensar y a modificar todo aquello que no sea comprobado como veraz. Pero a pesar de todo esto, parece ser que las ideas previas pueden resistir incluso a la enseñanza que pretende eliminarlas. La mayor de las carencias en la formación en ciencias es que nunca se ha enseñado a descubrir.

Otra resistencia a este método de indagación, es el carácter de no continuidad del mismo, es decir, los alumnos emplean a menudo pautas de razonamiento, lo que obliga al profesorado a plantear situaciones muy simplificadas y a anticipar muchas

dificultades conceptuales y de procedimiento que surgirían más adelante en el desarrollo de las sesiones. Lo que se pretende decir con esto, es que este método de indagación debe contar con la guía del profesor, lo que se conoce como investigación dirigida. Con la presencia del profesor también se pretende que el docente ponga en cuestión los resultados que obtienen los alumnos, contrastándolos con los resultados correctos de los científicos (Campanario y Moya, 1998).

Este tipo de propuestas requieren bastante más tiempo para poder desarrollarse e implementarse que el que se requiere para llevar a cabo una clase tradicional, motivo por el cual muchos de los profesores que llevan bastantes años ejerciendo las evitan. Mientras que los noveles de la profesión, por regla general, suelen estar más motivados por este cambio de sistema que se lleva comentando a lo largo de este documento. Aunque he de decir, que aquí también juega un papel muy importante la pasión por la enseñanza, siempre y cuando esta esté presente, nada constituirá un impedimento para llevar a cabo todo aquello que sea necesario para formar a personas más cualificadas.

A todos estos aspectos negativos por parte del profesorado se suma la precariedad del sistema educativo español, siendo la formación psicopedagógica inicial de los profesores de enseñanza secundaria deficiente. Razón por la cual sería necesario inculcar a los nuevos profesores la importancia de una formación continuada.

Por otro lado, la actitud de los alumnos también constituye un obstáculo de esta implementación, ya que puede darse el caso en el que el grupo de estudiantes no esté dispuesto a esforzarse lo más mínimo para salir de la zona de confort a la que los tienen acostumbrados. Para muchos es más cómodo recibir explicaciones a tener que crearlas ellos mismos, o de otro modo, puede que no encuentren nada interesante este método de enseñanza, la motivación es un factor importante para triunfar, pues ha sido y es el motor del avance en el conocimiento.

Como docente en formación también puedo presentar mi propia resistencia, tras comprobar que las dificultades de implementar una sensopíldora dada y del arduo proceso colectivo de diseño de una secuencia sobre fotosíntesis, debo reconocer que en el segundo periodo de prácticas todos hemos evitado el diseño de actividades

próximas a este enfoque. EL quehacer diario, la presión curricular y la propia inseguridad me hicieron aparcarlo de momento, aunque trataré de llevarlo a cabo en mi futuro profesional.

4.5. Concepciones alternativas

Desafortunadamente y en la mayoría de los casos, las personas aceptamos cualquier cosa que nos cuentan aun sin tener pruebas de que sea cierto, simplemente porque lo hace alguien de confianza, con mayor estatus social o incluso porque lo cree la mayoría de la sociedad por transmitirse de generación en generación. Por un lado, los profesores utilizan criterios basados en la tradición, es decir, nos hacen creer ciertas cosas porque otra gente así lo cree desde hace siglos. Pero, ¿quién nos asegura que sea verdad?, ¿y si esos personajes del pasado se lo inventaron?, en la actualidad va a seguir siendo falso por muchos años que hayan pasado. El problema está en que cuanto más tiempo tenga la noticia, más creíble es para quien no conoce acerca de ello. También participa en este ámbito la autoridad, siempre hemos percibido al docente como una figura importante y de total respeto que “lo sabe todo”, es por esta percepción por o que el estudiante cree todo lo que él le cuenta, sin saber si es verdad o no, pero es que ni siquiera el estudiante se lo cuestiona. Por otro lado, existen profesores que transmiten sus propias opiniones y creencias como conocimientos verdaderos y testados, es lo que se conoce como revelación, es decir, cuando tienes la sensación interna de que una cosa es cierta, aunque no existe una evidencia de ello.

En resumen, todos elaboramos y compartimos conjuntos de ideas sobre el mundo que nos rodea que nos ayudan a darle sentido, explicar y hacer predicciones. Con esto quiero decir que las concepciones no son errores académicos ni las respuestas erróneas concretas ante fenómenos particulares, sino las ideas más generales que conducen a esas respuestas.

No se debe olvidar que las bases del constructivismo se asientan sobre la idea de partir de lo que se sabe, es decir, de las concepciones alternativas (Aragón, 2004).

La existencia y el poder de estas ideas erróneas constituyen un nuevo obstáculo que dificulta la concepción de la enseñanza como una transmisión de información. Por este motivo, los docentes de ciencias deben centrarse en sustituir las concepciones alternativas por concepciones científicas, lo que se denomina cambio conceptual (Pintó, Aliberas y Gómez, 1996).

Una vez que se han sacado a la luz las preconcepciones que los estudiantes tienen del tema en cuestión, para llevar a cabo ese cambio conceptual, hay que ponerlas en cuestión a través del uso de contraejemplos, causando de este modo conflictos cognitivos que vayan preparando al estudiante para aceptar las verdaderas ideas científicas. Pero no solo se tiene que cambiar lo que se piensa, sino también la manera en la que se piensa, es decir, es necesario un cambio metodológico además del cambio conceptual. Si el docente pone al estudiante a aplicar la metodología que se lleva a cabo por el método de enseñanza por indagación (IBSE), será posible que supere su metodología del sentido común. Al mismo tiempo que ocurre esto se llevan a cabo las modificaciones conceptuales que exige la construcción del conocimiento científico (Gil, Silfredo, Valdés y Vilches, 2015).

Según Custodio (2015), algunas de las justificaciones que hacen los alumnos/as acerca de la generación de los seres vivos son las siguientes:

- Aparecen seres vivos sin madre. Con esta idea, los alumnos definen la generación espontánea como aquel proceso mediante el cual los seres vivos pueden nacer sin progenitores.

Animales, como gusanos o ratones, no sólo provienen de sus progenitores, sino que también se pueden generar del barro o trigo. Con esta otra percepción, los estudiantes afirman que algunos seres vivos se pueden crear naturalmente a partir de materia inerte.

Por ejemplo, de un bote de trigo tapado con una camisa de mujer sudada, salían ratones después de unos días.

- Unos animales surgen de un bote de harina y no se sabe cómo ha sido. Es decir, se han originado seres vivos por arte de magia.

Hasta aquí lo referente a las concepciones erróneas que poseen los estudiantes y a las cuales deben hacer frente, pero existen desgraciadamente otras muchas dificultades que hacen este proceso de enseñanza un poco más complicado tanto para el docente como para el alumnado.

Una de estos obstáculos lo constituyen aquellos estudiantes que por cualquier motivo conocen a la perfección la teoría de la generación espontánea y, por lo tanto, resolverían con total facilidad las distintas actividades. El problema en sí no se encuentra aquí, sino en que dicho alumno o alumna transmita las respuestas correctas al resto de compañeros evitando que estos desarrollen tanto la capacidad de razonamiento como el pensamiento crítico que se pretende con este tipo de secuencias de enseñanza. Ante tal caso, siempre hay que poner en duda a este tipo de estudiantes aunque las respuestas sean totalmente ciertas, intentado despertar su inseguridad. De este modo conseguiremos que comience a tratar con sus compañeros, discutiendo el motivo por el cual llevaría o no razón.

5. Propuesta didáctica

Puede ser una experiencia muy valiosa para los estudiantes poder recrear el trabajo de los científicos influyentes del pasado, pues se les está dando la oportunidad de que aborden el mismo tipo de cuestiones que se plantearon aquellos personajes. Con estas actividades no solo se transmiten las técnicas y los resultados de la investigación, sino que también se muestra la ciencia que hay detrás de un libro de texto (Byington, S., 2001).

Para fomentar la capacidad de razonamiento del estudiante, así como para llenar de significado los conceptos que se transmiten en las clases, se propone una serie de actividades en las que serán ellos los que discutan razonadamente, argumenten y justifiquen sus ideas, teniendo en cuenta que estas discusiones deben ser reguladas por el docente.

Antes de expresar sus ideas, el estudiante debe reflexionar acerca de lo que quiere decir y con qué finalidad. La organización que debe darle y la revisión posterior son estrategias que se pueden aplicar después de tomar conciencia de su importancia y que ayudan al adecuado desarrollo de los modelos de los alumnos.

La mejora de los alumnos se puede entender como la toma de conciencia de la importancia del tema, de atender todas las actividades con rigor y seguir una pauta de trabajo. Las estrategias que se han llevado a cabo en la secuencia didáctica como son la comparación, la negociación, así como el cuestionario de autoevaluación han contribuido a esta toma de conciencia (Custodio, 2015).

5.1. Objetivos

Como ya se mencionó en los primeros apartados de este documento, esta propuesta didáctica va dirigida a estudiantes de la ESO con el objetivo de indagar en el tema de la generación de vida de manera espontánea. Pero, previamente, el alumnado tiene que ser consciente de la existencia de microorganismos, así como los lugares donde estos pueden encontrarse y la gran variedad de funciones que poseen. Sin esto, ni el estudiante ni el docente podrán avanzar adecuadamente en el programa y, mucho menos, obtener los objetivos propuestos. Para asegurarnos de ello, recomiendo implementar una propuesta didáctica acerca de los microorganismos realizada por Farida, una antigua alumna del máster de educación secundaria. A diferencia de este proyecto, ella pudo implementar su secuencia obteniendo muy buenos resultados.

Concretamente, los objetivos que aquí se pretenden alcanzar son los siguientes:

- El alumnado debe ser consciente de sus ideas previas acerca de la generación espontánea.
- Que el estudiante participe activamente en la actividad consiguiendo de este modo que se desarrollen sus emociones, para lo cual se requiere que esté motivado.
- Incrementar en el estudiante las capacidades de razonamiento, argumentación y justificación de sus propias ideas.

- Que el estudiante sea capaz de reflexionar acerca de lo que quiere decir y con qué finalidad, así como saber organizar sus ideas.
- Que el estudiante sea capaz de trabajar en grupo, en el cual desarrolla la capacidad comunicativa y respeto por los demás.
- Promover el pensamiento crítico.
- Que sea consciente de que no sabe que no sabe, aceptando errores por su parte y respetando los de los demás.
- El estudiante debe ser capaz de contrastar lo que ha aprendido con las ideas erróneas que poseía anteriormente.
- Que sea consciente de la imposibilidad de la generación de vida de manera espontánea, así como los requerimientos fundamentales de un ser para mantenerse con vida.
- Que sea capaz de transmitir lo aprendido.
- Que sea capaz de aplicar lo aprendido a diferentes situaciones del mundo que nos rodea, consiguiendo que los más pequeños sean capaces de desenvolverse en la sociedad tan compleja de nuestros días.

5.2. Secuencia

A continuación se va a mostrar la mencionada secuencia de actividades, así como la metodología empleada para llevarla a cabo. La secuencia ha sido organizada en epígrafes: estímulo, hipótesis, contraste de hipótesis, modelos y aplicaciones. El diagrama general de la propuesta se encuentra en el Anexo 2.

- **Estímulo**

Toda secuencia didáctica basada en la indagación debe comenzar con una situación que despierte el espíritu investigador del estudiante, tras la cual se hace una pregunta que lleve a la aportación de sus propias ideas. Estas primeras ideas son las que ya conocemos como concepciones alternativas.

En esta propuesta, se comienza mostrando a todo el grupo de estudiantes una situación problema y es la siguiente:

Un camión frigorífico de transporte de productos de la empresa Carrefour, ha tenido un accidente en uno de sus itinerarios hacia el centro comercial de destino. Este accidente ha ocasionado que la cámara frigorífica deje de funcionar unos días mientras arreglaban el camión, por lo tanto muchos de los productos que allí se encontraban se han visto afectados, encontrando entre todos ellos:

- *Varios lotes de queso con moho.*
- *Otros lotes de queso sin daño aparente.*
- *Cajas con varias especies de pescado, entre las cuales cabe destacar la sardina, el boquerón, la merluza y la caballa, infestadas de gusanos.*
- *Paquetes de bacalao envasados al vacío sin daño aparente.*
- *Varias bandejas de carne que presentaban pequeños gusanos.*
- *Jamón, salchichón y chorizo en lonchas, embasadas al vacío.*

Previamente, es interesante que los estudiantes sean conscientes del estado en el que se encontraban estos alimentos antes de que el camión sufriera el accidente, de modo que les será más fácil establecer un razonamiento lógico.

Actividad 1. *¿Cuál era el estado en el que se encontraban los productos previamente al accidente?*

Como es de esperar, los estudiantes asegurarán que los productos se encontraban en buen estado, es decir:

- *Queso sin moho.*
- *Pescados y carnes sin gusanos.*
- *Jamón, salchichón y chorizo en lonchas, embasadas al vacío.*

Esta última situación ejercerá la función de control de nuestro estudio. Ya que al ser productos conservados al vacío no presentan descomposición alguna.

- **Hipótesis**

Después de esta pregunta inicial y en grupos, los estudiantes tienen que ponerse de acuerdo para establecer unas afirmaciones como hipótesis basadas en lo que ya se piensa o se conoce acerca del porqué ha tenido lugar ese cambio en cada uno de los productos, seguido de la justificación que ellos dan a la presencia de seres vivos en los mismos. Para motivarles a ese razonamiento, se lanzan las siguientes cuestiones:

Actividad 2. *¿Qué ha ocurrido para que los alimentos muestren ese cambio?, ¿cómo es posible que unos lotes estén en mal estado y otros no?*

La respuesta más común que ofrecerán los estudiantes será que el accidente sufrido por el camión fue el causante de dichas pérdidas. En tal caso, proseguiríamos con la siguiente pregunta.

Ahora se centrarán en buscar una respuesta más específica, para la cual ya se dio una pista en la explicación de la situación. Los alimentos estaban almacenados en una cámara frigorífica, así la descomposición se vio favorecida por el aumento de la temperatura de dichos productos, así como la exposición de los mismos al aire externo.

Actividad 3. *¿Cómo han llegado hasta ahí los seres vivos presentes en cada uno de los alimentos? Dibuja cómo te imaginas que sucede en cada caso.*

Las respuestas más comunes serían las siguientes:

- Queso con moho. Los productos lácteos se convierten en mohos, hongos...

Queso sin moho	Situación intermedia	Queso con moho

- Pescado con gusanos. Dos posibilidades de respuesta, que los gusanos ya estaban dentro (parásitos) o que la carne de pescado se transforma en gusanos pasado un tiempo. En esta última opción nos interesa abundar en si los gusanos provienen de la “agrupación de microorganismos”.

Pescado fresco	Situación intermedia	Pescado con gusanos

- Carne con gusanos. En esta ocasión además de obtener las respuestas del caso anterior, agrupación de microorganismos o presencia previa de parásitos, podría darse el caso de que algún/a alumno/a ofreciera la idea de que estos gusanos pueden provenir de los huevos que han depositado las moscas en la carne, los cuales crecen hasta hacerse moscas jóvenes, pasando por un estado larvario. Para esta última idea, deben aparecer dibujos de moscas.

Carne fresca	Situación intermedia	Carne con gusanos

- Jamón, salchichón o chorizo envasados al vacío. Como indicábamos queremos que esta situación ejerza de control de nuestro estudio. Al estar al vacío no ha podido entrar ningún microorganismo, pero el alimento podría haberse visto afectado por microorganismos que ya se encontraban anteriormente en su interior.

Jamón envasado al vacío	Situación intermedia	Jamón envasado al vacío (después del accidente del camión frigorífico)
<p align="center">Actividad 4. <i>Concretamente, ¿qué tuvo lugar en la conservación o no de los alimentos envasados al vacío?</i></p>		

Hemos seleccionado estas cuatro situaciones para tratar de que afloren las tres concepciones alternativas que poseen acerca de la idea de la teoría de la generación espontánea, además de la idea científica y real. Estas concepciones, han sido descritas en los antecedentes históricos y, aunque no podemos afirmar que todos los estudiantes tendrán todas las ideas a modo de evolución idéntica a la Historia de la Ciencia, sí podemos utilizar esta como referente en las ideas de sentido común (concepciones alternativas) que poseemos todos de nuestra interpretación del mundo que nos rodea (Wandersee, 1985). Y son, precisamente, las mismas ideas que poseían los científicos de la antigüedad cuando empezó a surgir la necesidad de encontrar una explicación racional a los fenómenos que observaban. Del mismo modo, la curiosidad

de los científicos del pasado nos acompaña a lo largo de nuestros días, un ejemplo de ello podemos verlo en los niños más pequeños, preguntando continuamente el porqué de las cosas.

De estas concepciones se obtienen las hipótesis que han de validar los estudiantes, es decir deben de aceptarlas o rechazarlas a través de pruebas y son las siguientes:

- Los seres vivos pueden surgir de materia inerte, sin la necesidad de presencia de progenitores.
- Los seres vivos únicamente proceden de otros seres vivos, es decir, es imposible que surjan de materia inerte en descomposición.

Con esta secuencia de actividades también se pretende que el alumno se percate de estas similitudes entre las ideas del pasado y del presente y de que, por lo tanto, todos podemos llegar a las mismas conclusiones independientemente de quienes seamos.

- **Contraste de hipótesis**

Actividad 5. *¿Cómo saber si nuestras hipótesis son correctas?, ¿qué pruebas podemos obtener para contrastarlas?*

Actividad 6. *¿Cómo podríamos comprobar si los seres vivos pueden proceder de materia inerte?, o ¿cómo podemos comprobar si los seres vivos únicamente proceden de otros seres vivos?*

Con estas ideas principales se pretende obtener las primeras ideas de los estudiantes, fomentando de este modo su razonamiento a partir de los recursos que se ofrecen previamente.

Buscamos pruebas en los alimentos frescos:

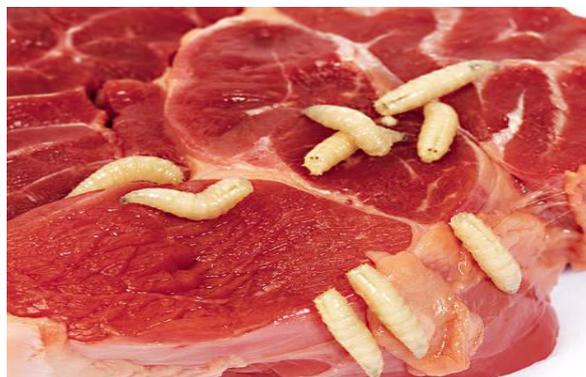
- Para los quesos con moho, observación con lupa.



- En el pescado fresco, por ejemplo merluza, buscamos Anisakis. El Anisakis es un nematodo parásito cuyo ciclo vital afecta a los peces y mamíferos marinos, en los que puede producir lesiones en su tubo digestivo. Este parásito se puede observar a simple vista.



- En la carne que lleva unos días “al aire”, buscamos moscas y sus larvas.



Para cerrar el argumento, en grupos, los estudiantes tienen que construir modelos adecuados que les permitan explicar la conservación o no de los alimentos y las condiciones para ello.

- **Modelos para explicar y predecir**

El modelo que se pretende que construyan los alumnos guarda relación, de manera simplificada, con los procedimientos experimentales que llevó a cabo Louis Pasteur tras los de sus antecedentes que fueron de gran influencia, Spallanzani y Needham, además de otros más sencillos como los de Redi. En los trabajos antes señalados de Custodio (2011) y Custodio, Márquez y Sanmartí (2015) se muestra la secuencia completa para trabajar en el aula los experimentos de Redi, por eso, en este trabajo nos queremos centrar en los de Pasteur.

Durante este apartado también se pretende que todos los miembros del grupo se comuniquen de manera que se establezca un medio de construcción de un conocimiento colectivo.

Antes de comenzar, un resumen del experimento llevado a cabo por Pasteur es conveniente para darle sentido a las siguientes actividades. Como ya se explicó en los antecedentes históricos, tras los experimentos de Needham y Spallanzani en los cuales se demostró que si se hierve caldo de cordero en un matraz y se tapa, tras unos días el contenido se vuelve turbio por proliferación de microorganismos allí presentes, Pasteur diseñó el experimento crucial para desechar la teoría de la generación espontánea. De este modo, empleó unos frascos con el cuello en forma de “S” de manera que pudiera entrar aire pero los microorganismos quedarán retenidos en la parte más baja de las curvaturas y, del mismo modo hirvió el contenido observando en unos días que no se volvía turbio lo cual afirmaba la ausencia de microorganismos. Para corroborar su experimento, rompió el famoso “cuello de cisne” y observó como el contenido se volvió turbio pasado un tiempo.

A continuación, se presenta a los estudiantes los recursos de los que disponen para llevar a cabo el experimento:

- Matraces
- Tapones
- Caldos de cultivo orgánico
- Placa calefactora

Durante toda esta actividad, el docente servirá de guía interviniendo y planteando situaciones o haciendo cuestiones para que así todos los grupos vayan encaminados a modelos similares. Con el mismo objetivo, la participación intergrupala debe ser obligatoria. Esta intervención dependerá del nivel de los alumnos a los que apliquemos la secuencia didáctica, siendo mayor en primero o segundo de la ESO y menor en los siguientes, lo que no implica que la participación por parte de los estudiantes sea cada vez mayor. Ejemplos de estas actividades dirigidas son las siguientes:

Actividad 7. *¿Para qué pueden servir cada uno de los materiales que usó Pasteur en su comprobación?*

- *¿Caldo orgánico?, ¿qué es eso?*

Representan la materia inerte a partir de la cual pueden formarse seres vivos. Y los matraces los lugares donde introduciremos la materia mencionada.

- *¿Tapones?, ¿para qué?*

Empleemos estos tapones para evitar la entrada de aire, el cual puede estar cargado de microorganismos.

Pasado un tiempo se observa que el caldo ha pasado a estar turbio, es decir, posee microorganismos los cuales han proliferado gracias a la presencia de materia orgánica.

- *Y la placa calefactora, ¿podría tener alguna utilidad favorable?*

A pesar de haber tapado el matraz anteriormente, se ha comprobado la presencia de microorganismos. Lo mejor es calentar el caldo hasta conseguir su ebullición, de esta manera aseguramos que todo aquel microorganismo que haya podido acceder al interior, muera y sea eliminado.

Actividad 8. A pesar de todas las medidas llevadas a cabo, de nuevo se observa un caldo turbio. ¿Qué otras medidas se pueden tomar para evitar la presencia de microorganismos?

Con la ayuda de una llama y unas pinzas, se puede curvar el cuello de los matraces obteniendo forma de "S". Con esto se conseguiría la entrada de aire, pero no la de microorganismos, pues estos quedarían retenidos en las partes más bajas de la curvatura del cuello.

Sabiendo esto, se prosigue del mismo modo que en el experimento anterior, se introduce caldo orgánico en el matraz, se hierve y se curva el cuello. Pasado un tiempo el caldo se observa translúcido, lo que afirma la ausencia de microorganismos en su interior.

Actividad 9. *Pero, ¿es realmente eficaz la forma de estos cuellos?, ¿cómo podemos comprobarlo?*

Empleando el mismo matraz del experimento anterior, podemos observar qué ocurre si rompemos este cuello en forma de "S".

¿Qué podríamos demostrar según los resultados obtenidos?

- Si el caldo permanece translúcido, el cuello no ha conseguido evitar la entrada de microorganismos.
- Si el caldo se vuelve turbio, se verifica su eficacia.

Actividad 10. *¿Cuáles son las conclusiones que se pueden obtener tras los experimentos realizados?*

Curvando el cuello del matraz se ha conseguido la ausencia de microorganismos en el caldo, lo que no se consiguió ni con los tapones ni con el calor. De esta manera se demuestra que los microorganismos no se forman espontáneamente en el caldo, refutando así la hipótesis que afirmaba que los seres vivos pueden surgir de materia inerte, es decir, se rechaza la teoría de la generación espontánea y se demuestra que todo ser vivo procede de otro ser vivo anterior (Omne vivum ex vivo).

- Aplicaciones

Como llevamos hablando desde un principio, uno de los errores de la enseñanza de la ciencia es que los conocimientos que se transmiten no se aplican a lo cotidiano. Pues bien, con esta secuencia lo hemos conseguido, pero no estaría mal que se ampliara el campo al que puedan aplicar lo aprendido. De este modo el docente podrá percatarse de que todos sus alumnos han comprendido la secuencia. De ser así, deben ser capaces de razonar adecuadamente hasta llegar a buenas conclusiones acerca de las siguientes situaciones:

- Caída de ranas del cielo.
- Presencia de insectos en gotas del rocío o babas.
- Presencia de anguilas del fondo marino.

- Ampliación de conocimientos

Una de las tareas principales de un docente de ciencias es elegir, adaptar y diseñar sus propias secuencias de enseñanza. Hasta ahora creo que todo eso se ha conseguido, así que podríamos avanzar un poco más en la misma propuesta aprovechando que hemos sido capaces de captar el interés de los estudiantes.

Como toda secuencia didáctica, el contenido que abarca puede ser continuado y ampliado a muchos temas de interés si se sigue cuestionando al alumno.

Tras darle varias vueltas al asunto, pensé que el interés que causaría el motivo por el cual se produce una gangrena podría unirse a esta secuencia, abarcando de este modo conceptos y procesos de importancia.

La gangrena, según la Real Academia Española, consiste en la “muerte de los tejidos por falta de riego sanguíneo, generalmente a causa de una herida seguida de infección y putrefacción”. A lo largo de esta definición se mencionan los términos “riego sanguíneo” y “putrefacción”, ambos muy relacionados con nuestro tema, aunque no les parezca a los estudiantes.

Comencemos con la putrefacción. Anteriormente, cuando se planteaba la situación del accidente del camión de Carrefour se planteó la cuestión de qué provocó la modificación de los alimentos, así como el motivo por el cual habían llegado hasta allí aquellos microorganismos. Como bien se sabe, las respuestas están muy relacionadas con el proceso de putrefacción, ya que los seres vivos en ellos presentes fueron los encargados de descomponer la materia orgánica para su propio beneficio, es decir, para alimentarse, siendo esta descomposición la responsable de la putrefacción.

Por otro lado está el riego sanguíneo, término definido por la Real Academia Española como “cantidad de sangre que nutre los órganos o la superficie del cuerpo”. Traslademos el concepto al campo de estudio, si falta riego sanguíneo en un cuerpo por un periodo de tiempo prolongado se produce una gangrena, pero ¿por qué?, ¿qué tiene el riego sanguíneo que provoque este desenlace? La principal función de la sangre es transportar oxígeno a todas las partes del cuerpo de un organismo, por lo tanto si falta ese oxígeno, estas partes no podrían seguir con vida, morirían dejando de funcionar y, por consecuencia, se produce la gangrena ya mencionada. Ahora, ¿a qué nos referimos con partes del cuerpo? A los diferentes órganos y tejidos. Y, ¿son estos órganos los que captan directamente el oxígeno? No, son las células, es decir, las unidades básicas que componen nuestro organismo. En resumen, si se detiene el riego sanguíneo en nuestro cuerpo, nuestras células morirán debido a la falta de oxígeno, de este modo se produce en conjunto la pérdida de aquella parte donde se haya dado esa

carencia de oxígeno, produciéndose la gangrena. Pero entonces, si son las células las que toman el oxígeno, ¿para qué necesitamos los pulmones? Estos órganos son los encargados de intercambiar los gases con el entorno, es decir, por un lado se encargan de captar el oxígeno del aire que entra a través de ellos y llevarlo a la sangre, mientras que por otro recogen de la sangre el dióxido de carbono que desechan las células para eliminarlo al medio externo.

Con esta última secuencia de actividades el estudiante además de aprender conceptos nuevos, aprende que realmente la respiración se lleva a cabo a nivel celular y no en los pulmones.

5.3. Recursos empleados

En esta propuesta no se ha desarrollado ningún experimento, sino que cada una de las actividades que constituyen la secuencia se refiere a una práctica científica, unidas mediante un hilo conductor dando respuesta a la situación problema. En lugar de una práctica en el laboratorio, se ha mostrado a los estudiantes los procedimientos que siguieron los científicos del pasado, lo que aportará las pruebas necesarias para llegar a las conclusiones.

5.4. Estructura de la clase y temporalización de la secuencia

Para desarrollar esta propuesta de enseñanza al completo se requieren al menos dos sesiones de clase de una hora cada una (finalmente supondrán una hora y cincuenta minutos en total aproximadamente). Aunque este tiempo variará si se decide llevar a cabo la ampliación propuesta o no.

A lo largo de la secuencia, en ningún momento el alumno trabajará independientemente de forma aislada, sino en conjunto con el resto de sus compañeros, pues como ya se mencionó, de entre los objetivos propuestos se pretende que el estudiante:

- Participe activamente en la actividad consiguiendo de este modo que se desarrolle la implicación y motivación que produce trabajar entre iguales.
- Sea capaz de trabajar en grupo, en el cual desarrolla la capacidad comunicativa y respeto por los demás.

A continuación se desglosan los tiempos necesarios en cada una de las partes de la secuencia, así como la organización más idónea y en el anexo 3 se presenta un cuadro resumen:

En primer lugar, para presentar ideas y abrir el debate, se trabajará en gran grupo con todos los alumnos y alumnas de clase. A esta actividad se le dedicarán aproximadamente veinte minutos.

Seguidamente, se establecen grupos de no más de cuatro o cinco personas cada uno, para así asegurar la participación de todos los miembros, además de facilitar una buena organización y funcionamiento de los grupos. Una buena optativa sería la asignación en cada grupo de un/a coordinador o coordinadora, encargado/a de establecer un buen ambiente de trabajo, además de un/a secretario o secretaria que se encargara de anotar las ideas más relevantes que aporta cada uno de los miembros, además de las hipótesis y modelos que se diseñan. Los grupos disponen de unos diez minutos aproximadamente para diseñar sus hipótesis.

Una vez que cada grupo haya trabajado y se haya puesto de acuerdo en cuáles son sus hipótesis, se disponen de quince minutos aproximadamente para ponerlas en común y valorarlas. Con las aportaciones más factibles de cada grupo, se elaborarán las hipótesis que finalmente serán contrastadas. A continuación, teniendo en cuenta las hipótesis definitivas, cada grupo dispone de quince minutos para razonar cuál sería el modelo más idóneo mediante el cual se pueda comprobar la veracidad de dichas hipótesis. De nuevo se ponen en común en unos quince minutos hasta elaborar un modelo definitivo que, como antes se ha explicado, será una recreación adaptada del experimento crucial de Louis Pasteur.

Finalmente, en veinticinco minutos aproximadamente el docente mostrará a toda la clase cuál fue dicho experimento centrándose en cada detalle y con la intervención de

cada uno de los estudiantes, seguido de la aportación de conclusiones por parte de los estudiantes una vez observados los resultados obtenidos. Para este último paso se disponen de los diez minutos finales de las sesiones.

6. Evaluación

Para conocer si esta propuesta posee todos los elementos necesarios para que sea efectiva como secuencia de enseñanza IBSE, debe de pasar por un “control de calidad”, se trata de un cuestionario para el análisis del contenido de este tipo de secuencias (Anexo 4), que a continuación se desglosa en forma de autocrítica.

- **Punto de partida**

1. ¿Se plantea explícitamente una pregunta o problema?, en caso afirmativo, ¿cuál es?, ¿por parte de quién y a quién va dirigida?

Sí, al inicio de clase. En la secuencia planteamos un problema inicial a los alumnos para despertar su curiosidad.

Este problema describe la situación en la que se encuentra un camión frigorífico de transporte de la empresa Carrefour al tener un accidente. Se han producido varias modificaciones en los productos que transportaba y la consecuente pérdida de los mismos. Con esto se le plantea la cuestión de qué es lo que ha ocurrido para que se lleven a cabo dichas modificaciones.

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

Tras la situación inicial, hacemos una pregunta al alumnado con la finalidad de ir contextualizándolos en la situación de estudio y facilitarles un razonamiento lo más lógico posible. Se trata de la actividad 2: *¿Cuál era el estado en el que se encontraban los productos previamente al accidente?*

- **Formulación y justificación de hipótesis.**

1. ¿Se aportan respuestas a esas preguntas?, ¿se justifican dichas respuestas?

Estas cuestiones no pueden ser contestadas, pues la propuesta no ha sido llevada a la práctica. Pero sí he de decir que son los estudiantes los que deben ofrecer respuestas, pues nuestro objetivo es despertar su capacidad de razonamiento y su pensamiento crítico.

2. ¿Se comunican respuestas al gran grupo?, ¿se concluye en una respuesta común?

Al igual que en el caso anterior, al ser una secuencia no llevada a la práctica, solo se puede contestar atendiendo a los objetivos propuestos. Cada uno de los grupos de estudiantes formados ofrece una serie de respuestas que traducen a hipótesis, las cuales se ponen en común en clase para establecer unas hipótesis comunes a partir de las cuales trabajarán.

El diseño de hipótesis que se pretende conseguir con las cuestiones 2, 3 y 4 planteadas en la secuencia.

- **En busca de pruebas.**

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

En un primer lugar, aportaremos información para que, en grupos, cada alumno/a tenga la oportunidad de participar aportando sus propias ideas para el diseño de un modelo factible que pruebe las hipótesis previamente establecidas. Este proceso se desarrolla en las actividades 5 y 6 irá en todo momento guiada por el profesor.

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

En segundo lugar, una vez que cada grupo haya diseñado un modelo, se ponen en común para construir un modelo en conjunto con el que puedan rechazar aquella hipótesis que resulte falsa y aceptar aquella cuya autenticidad haya sido demostrada.

Con la elaboración del modelo común ya en la actividad 7 y la intervención de todo el alumnado, se valoran y critican los modelos de cada grupo, para que los estudiantes sean conscientes de los posibles errores cometidos y las mejoras que pueden llevarse a cabo.

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

Sí, como se ha comentado en la cuestión anterior, cada diseño propuesto será valorado por todos los estudiantes para que tengan claro la utilidad de cada recurso que aporta el profesor, aunque siempre quepa la posibilidad de la participación de este último ante la escasez de intervención por parte del alumnado.

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

Esta discusión no se lleva a cabo explícitamente a partir de alguna cuestión previamente al experimento, sino que se realiza después, con el análisis de los resultados obtenidos.

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

El modelo construido se basa en la recreación del experimento llevado a cabo por Pasteur, pero con la observación y explicación de las imágenes de los distintos procesos y no llevándolo a la práctica en el laboratorio.

- **Comunicación e intercambio de ideas, argumentos y resultados.**

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

Con esta secuencia no implementada, el/la docente es quien presenta los resultados obtenidos a los estudiantes, pero como ya se ha comentado, a través de imágenes.

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

Sí, son los estudiantes los que deben de validar cada una de sus hipótesis una vez que el profesor ha expuesto los resultados a los que se ha llegado tras los experimentos.

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

Los resultados expuestos son analizados y discutidos con la participación de todo el alumnado en su conjunto, favoreciendo la comprensión de los mismos.

En las actividades 8 y 9 se llevan a cabo la obtención de resultados tras la observación y explicación del experimento.

- **Conclusiones y extrapolación**

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

Finalmente no se hace un resumen del trabajo elaborado, sino que se va explicando el contenido procedimiento a procedimiento. Aunque nunca está de más una breve exposición de los conocimientos transmitidos para que todos ellos queden bien afianzados en los alumnos.

Tras discutir los resultados, en la actividad 10 son los alumnos los que llegan a unas conclusiones que les permiten rechazar la hipótesis que afirma la posibilidad de generación de seres vivos a partir de materia inerte, es decir, desmienten la teoría de la generación espontánea y aceptan la hipótesis que afirmaba que los seres vivos únicamente procedían de otro ser vivo.

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

Sí, tanto al principio de la secuencia vinculando al Trabajo de Fin de Máster de Abou Akl Sánchez (2017) sobre microorganismos, como al final con la posibilidad de conectar

esta propuesta con otras actividades en las que se cuestione el motivo por el cual se produce una gangrena y, además, relacionando esto con el sistema circulatorio.

Como hemos podido comprobar, esta secuencia no consta de todos y cada uno de los criterios que debería poseer una secuencia de enseñanza IBSE, pero aun así podría ser considerada como tal, pues tan solo no se posee 2 de los 14 aspectos.

7. Conclusiones generales, propuestas de mejora y perspectivas de futuro.

Aunque quería mantener la esperanza de que llegara algún buen profesor a este máster y me sorprendiera transmitiéndome la motivación que me faltaba para llegar a ser una buena profesora, en realidad estaba segura que eso no iba a suceder. Con la llegada del segundo cuatrimestre y la asignatura “Aprendizaje y enseñanza de biología y geología”, todo comenzó a ser diferente, además de las clases, la organización, la dinámica y los profesores, también mi actitud, motivación y mis percepciones de futuro. De entre las intenciones y retos que estos profesores se propusieron están la de iniciarnos en diseñar y valorar secuencias de actividades de enseñanza de una manera fundamentada, para lo cual se requiere reflexionar y aprender sobre cómo se aprende ciencia y las dificultades que conlleva, cómo la ciencia construye y valida el conocimiento y el porqué y para qué de la enseñanza de las ciencias. A lo largo de las sesiones de clase, con la experiencia de las prácticas y, por último con la elaboración de este Trabajo Fin de Máster, puedo decir que todos estos retos han sido conseguidos.

Con este trabajo, además de la propuesta didáctica, también pretendía dar a entender a la sociedad en general, no solo a los alumnos, la importancia que el pensamiento crítico ocupa en nuestros días, es decir, el tener la capacidad de comprobar si todo lo que nos cuentan es veraz.

Personalmente, el modo más idóneo que deberíamos emplear cada uno de nosotros a lo largo de nuestra vida para poder avanzar en el camino que deseamos sin que influyan las opiniones y creencias de los demás, es el empleado en la metodología de esta propuesta, la indagación. Como resultado desarrollaremos nuestro pensamiento

crítico para ser ciudadanos más competentes y no ciudadanos sumisos incapaces de defenderse en esta sociedad tan compleja y en constante cambio en la que nos encontramos.

En este trabajo he querido transmitir tanto el camino que creo más idóneo para enseñar ciencia, como los errores cometidos en este ámbito educativo. Pero nunca es tarde para rectificar, pero claro, es necesaria mucha fuerza y maña. A pesar de que hoy en día me veo aun con un largo y duro camino por delante hasta llegar a ser una profesora bien formada, estoy dispuesta a comprometerme y estrujar todas mis capacidades para llegar a ser capaz de transmitir a las nuevas generaciones de un modo totalmente diferente a como lo han hecho conmigo, es decir como hasta ahora he comentado, acompañando cada explicación de una evidencia real y esto de una forma dinámica y amena.

Gracias a cada uno de los profesores que han conseguido que me acerque a esta nueva y verdadera forma de enseñanza.

Acabo con la siguiente frase de Rodolfo Llinás: “La escuela enseña la ubicación de los ríos, pero jamás explica la importancia del agua. Somos un baúl repleto de contenidos, pero vacío de contexto. De ahí nuestra dificultad para aplicar el conocimiento en la realidad”. Espero que dentro de pocos años la educación no sea la misma y esta frase no tenga ni el más mínimo sentido.

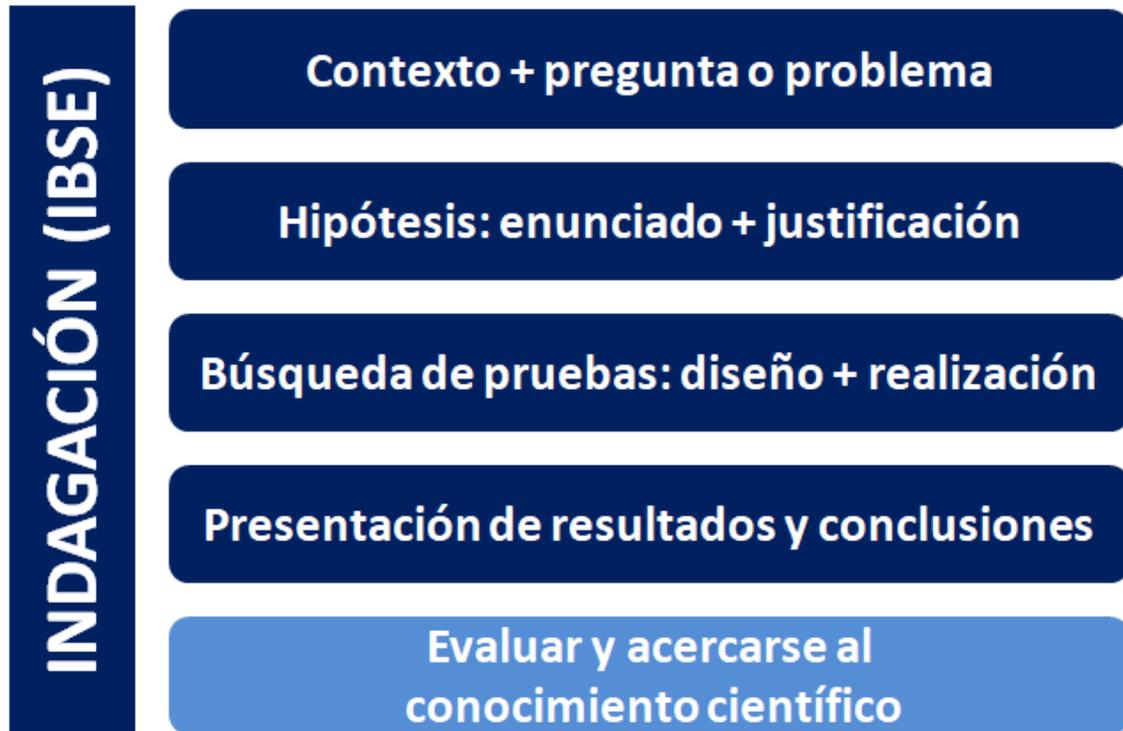
8. Referencias

- Abou Akl Sánchez, F (2017). *Propuesta didáctica sobre “Los microorganismos” a través de la secuencia basada en la indagación*. TFM Universidad de Almería.
- Acevedo-Díaz, J.A., García-Carmona, A y Aragón, M.M., (2016) La controversia Pasteur vs. Pouchet sobre la generación espontánea: un recurso para la información inicial del profesorado en la naturaleza de la ciencia desde un enfoque reflexivo. *Ciênc. Educ. Bauru*, Vol. 22, nº 4, p. 913-933.
- Aragón, M.M., (2004) La ciencia de lo cotidiano. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*. Vol. 1, nº 2, p. 109-121.
- Baker, L., (1991) Metacognition, Reading and science education, en santa, C.M. y Alvermann, D. (eds.), *Science learning: Processes and applications*. Newsdale, Delaware: International Reading Association.
- Byington, S. (2001) Spontaneously Generating Life on Your Classroom? Pasteur, Spallanzani & Science Process. *The American Biology teacher*, Vol. 63, nº 5, p. 340-345.
- Camós, A., (2013) Antoni de Martí y Franquès, la generación espontánea y la transformación de los organismos. *Asclepio* 65 (2). Disponible en: <http://dx.doi.org/10.3989/asclepio.2013.22>.
- Campanario, J.M. y Moya, A., (1998). *¿Cómo enseñar ciencias? Las principales tendencias y propuestas*. *Enseñanza de las Ciencias*.
- Custodio, E., Márquez, C. y Sanmartí, N., (2015). Aprender a justificar científicamente a partir del estudio del origen de los seres vivos. *Enseñanza de las Ciencias*, 33.2, p. 133-155. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.5565/rev/ensciencias.1316>
- Gil, D., Sifredo, C., Valdés, P. y 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. Editado en 2005 por UNESCO-OREALC.

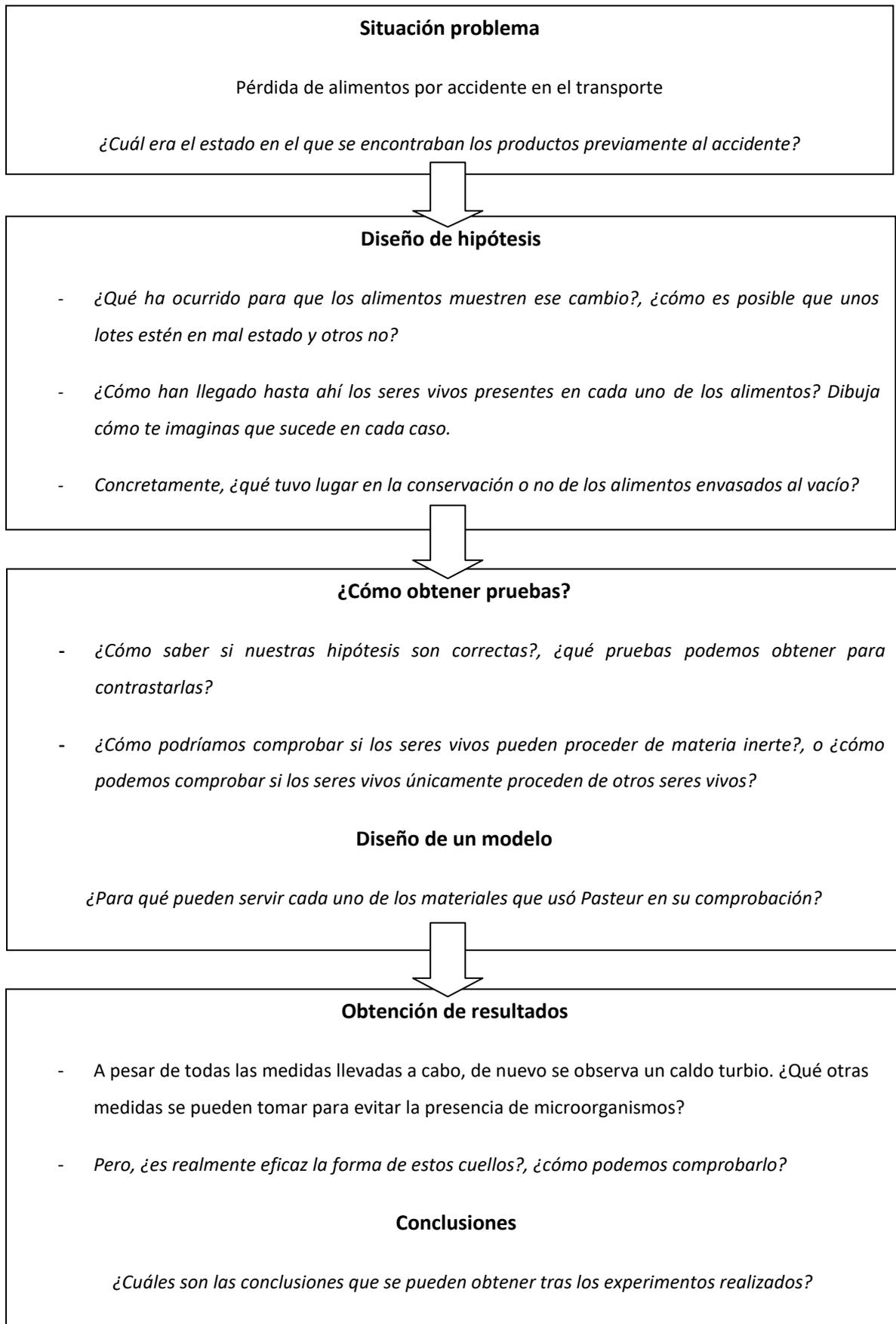
- Lawson, A. (1975) Human traits vs. Crucial Experiments. *The American Biology Teacher*. Vol. 36, nº. 6, p. 334-336+348. Published by: University of California Pres son behalf of ther National Association of Biology Teachers.
- Pintó, R., Aliberas, J. y Gómez, R. (1996) Tres enfoques de la investigación sobre concepciones alternativas. Departament de Didàctica de la Matemàtica y de les Ciènces Experimentals. Universitat Autònoma de Barcelona. *Enseñanza de las Ciencias*. 14 (2), 221-232.
- Real Decreto 1105/2014, de 26 de septiembre, por el que se establece el currículo básico de la Educación Secundaria Obligatoria y del Bachillerato, BOE núm. 3, sábado 3 de enero d 2015.
- Red IRES (2009). No es verdad (manifiesto pedagógico). *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, & (1), p.159-163.
- Wandersee, J.H. (1985). *Can the history of science help science educators anticípate students' misconceptions?* *Journal of Research in Science Teaching*, 23 (7), pp581-597.

9. Anexos

- Anexo 1. Esquema general del enfoque de enseñanza por el método IBSE.



- Anexo 2. Diagrama general de la propuesta de enseñanza.



- Anexo 3. Temporalización de las actividades.

Actividad	Tiempo disponible aprox. 1h 50 min
Debate problema inicial	20 min
Diseño de hipótesis grupal	10 min
Puesta en común de las hipótesis/diseño de la hipótesis común	15 min
Diseño de un modelo grupal	15 min
Puesta en común de los modelos/diseño de un modelo común	15 min
Desarrollo y explicación del experimento y resultados	25 min
Propuesta de conclusiones	10 min

- Anexo 4. Cuestionario para el análisis del contenido de secuencias de enseñanza IBSE.

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