



Universidad
Zaragoza

Trabajo Fin de Máster

En Profesorado de E.S.O., F.P. y Enseñanzas de
Idiomas, Artísticas y Deportivas
Especialidad de Física y Química

Consideraciones sobre la docencia tras mi paso por
el Máster de profesorado

Considerations about teaching after the Master's
Degree

Autora

Violeta Calvo Sein-Echaluce

Directora

Isabel Iranzo Navarro

FACULTAD DE EDUCACIÓN

2019

Índice

1.	Introducción.....	3
1.1.	La profesión docente.....	3
1.2.	Antecedentes y motivaciones personales.....	4
1.3.	El Máster de profesorado.....	5
2.	Justificación de la selección de los trabajos incluidos en la memoria.....	8
2.1.	Planteamiento del objetivo general.....	10
2.2.	Selección de los contenidos científicos.....	12
2.3.	Análisis didáctico de los contenidos.....	13
2.4.	Elección de metodologías.....	15
2.5.	Diseño de la evaluación.....	16
3.	Presentación de los trabajos seleccionados.....	17
3.1.	Proyecto de Innovación Docente.....	17
3.1.1.	Contextualización.....	17
3.1.2.	Secuenciación.....	18
3.1.3.	Evaluación y resultados.....	18
3.2.	Proyecto Didáctico.....	21
3.2.1.	Contextualización.....	21
3.2.2.	Secuenciación.....	22
3.2.3.	Evaluación y resultados.....	24
4.	Reflexiones.....	25
4.1.	Los proyectos didácticos.....	26
4.2.	El alumnado.....	28
4.3.	El docente.....	29
5.	Conclusiones.....	33
6.	Bibliografía.....	35
7.	Anexos.....	37
	Anexo I. Proyecto de Innovación.....	38
	Anexo II. Proyecto Didáctico.....	59

1. Introducción

Este apartado introductorio comienza con una breve contextualización de la profesión docente, destacando su relevancia dentro del proceso educativo. Puesto que la memoria incluye toda una serie de reflexiones acerca de lo que ha supuesto este Máster para mi formación como docente, se considera necesario realizar esa breve consideración inicial sobre la profesión. A continuación se exponen también los principales motivos que me llevaron a plantearme la docencia como opción profesional y, finalmente, se incluye un breve análisis sobre cómo algunas asignaturas del Máster me han mostrado aspectos que no me había cuestionado acerca de la docencia.

1.1. La profesión docente

A lo largo de las últimas décadas se ha producido un cambio considerable en el modelo educativo. Así, se ha ido evolucionando desde un modelo de educación magistocéntrico, en el que el docente ejercía el protagonismo, hacia el paidocentrismo, en el que el alumno tiene un papel activo. Aunque en la actualidad siguen coexistiendo ambos modelos, es indiscutible que los dos elementos clave en el proceso educativo son el alumnado y el docente. De hecho, el marco legislativo actual (LOMCE) establece que, si bien el alumnado es el centro y la razón de ser de la educación, el docente es un factor esencial en la calidad de la misma. Por ello, con el fin de garantizar la calidad de la educación, son varias las funciones que se le asignan al docente: programación y enseñanza de las materias que tenga encomendadas, evaluación del proceso de enseñanza-aprendizaje, tutoría y orientación educativa de los alumnos, atención al desarrollo del alumnado, participación en la actividad general del centro, etc. Si analizamos todas esas funciones y pensamos en el caso de un profesor de Física y Química, vemos que sólo una mínima parte de sus funciones se refieren a los conocimientos teóricos de Física y Química que posee. Todas las demás funciones exigen una diversidad de habilidades y cualidades por parte del docente que no son adquiridas durante su formación científica y que, por lo tanto, exigen una capacitación específica como la proporcionada en este Máster.

Tal y como se discutirá en apartados posteriores, durante el Máster he ganado conciencia de todas esas habilidades adicionales que debe desarrollar un docente antes de entrar en el aula. Aunque creía ser plenamente consciente de la responsabilidad y dificultad que conlleva esta profesión, no ha sido hasta entrar en el aula cuando me he dado cuenta de que los conocimientos teóricos son sólo una pequeña parte de lo que necesita un docente. Durante una misma clase, hay muchos momentos en los que el profesor tiene que recurrir a sus conocimientos teóricos para explicar conceptos poco intuitivos o difíciles de comprender, pero también son muchas las ocasiones en las que debe recurrir a otro tipo de habilidades, como la empatía, para comunicarse de manera efectiva con los alumnos y que el proceso de enseñanza-aprendizaje tenga lugar. Por lo

tanto, aunque los conocimientos teóricos del profesor son necesarios y son una base fundamental de la profesión docente, no deben dejarse de lado todas las demás cualidades que debe desarrollar y que sólo se consiguen mediante formación específica.

1.2. Antecedentes y motivaciones personales

En lo que respecta a mis conocimientos teóricos para impartir la materia de Física y Química, la Licenciatura en Bioquímica y posterior Doctorado me han proporcionado la base teórica necesaria. Durante esos estudios de doctorado tuve algunos contactos con la profesión docente, ya que pude participar como tutora de investigación en la Semana de Inmersión en Ciencias durante tres años consecutivos y también tuve la oportunidad de codirigir algunos trabajos Fin de Grado a estudiantes de Biotecnología. Sin embargo, todas esas experiencias fueron con grupos poco numerosos y, por lo tanto, nunca antes había dado clase a más de 10 alumnos al mismo tiempo.

Durante las Semanas de Inmersión, los tutores trabajábamos en el diseño de prácticas de laboratorio y demostraciones que resultaran atractivas para los alumnos y fomentaran las vocaciones científicas. Además, intentábamos no dejar de lado los contenidos científicos, de manera que las prácticas no eran meramente lúdicas sino que también tenían un componente didáctico. Por ejemplo, en mi caso, me encargaba de realizar con los alumnos la extracción de ADN de tomate, que luego podían llevarse a sus casas. A pesar de que eran alumnos que ya mostraban predisposición para cursar carreras científicas, el hecho de que esas jornadas pudieran estar aumentando su motivación era algo muy satisfactorio y, por eso, participé en ellas siempre que tuve ocasión. En ese sentido, se podría decir que las Semanas de Inmersión me mostraron uno de los aspectos más gratificantes de la docencia.

En cuanto a mi experiencia como codirectora de Trabajos Fin de Grado, la considero similar a lo que podría ser la impartición de clases particulares. Mi trabajo consistía en establecer los objetivos de los alumnos y darles las indicaciones necesarias para que pudieran llevar a cabo su trabajo experimental. Aunque en un principio procuraba que las explicaciones fueran suficientes para que trabajaran de forma autónoma, con el tiempo vi que no era suficiente y que la mayoría de los alumnos necesitaban un seguimiento mucho más continuado. Asimismo, también tenía que asegurarme de que cumplían con los objetivos planteados, ya que debían presentar un trabajo en tiempo y forma. Todo eso me hizo ser consciente de la responsabilidad que recae sobre los docentes y de todas las tareas que conlleva su profesión y que exceden de las explicaciones teóricas. Del mismo modo, también sentí satisfacción al ver que, guiando y orientando a los alumnos durante el proceso, conseguíamos el objetivo final.

Aparte de esas experiencias positivas, no negaré que otras razones que me movieron a cursar el Máster del profesorado fueron la coyuntura económica actual y la situación de la investigación en nuestro país. Además, familiares cercanos ejercen o han ejercido la docencia, por lo que siempre la había considerado como opción profesional.

En definitiva, aunque antes de cursar el Máster no tenía una vocación clara, sí que conocía bastantes aspectos sobre la profesión que me indicaban que tal vez sería una opción adecuada para mí. En cuanto a la especialidad elegida, Física y Química, la elegí porque era la que me suponía un mayor reto. Debido a mi formación académica, podría haber optado por la especialidad de Biología y Geología, que de hecho se adapta más a lo que he estudiado durante los últimos años. Sin embargo, precisamente por eso, consideré más conveniente elegir la opción más difícil para mí. De ese modo me obligaría a repasar conceptos que tenía más olvidados y que me suponían un reto mayor, ya que es posible que en el futuro tenga que impartir materias que me resultan menos cercanas como, por ejemplo, la Física.

1.3. El Máster de profesorado

Siguiendo con las habilidades y cualidades que debe tener un docente, en el Máster del profesorado se considera que todos los alumnos poseemos la base teórica suficiente en relación a las materias de nuestra especialidad. Por ello, la mayor parte de las asignaturas están orientadas a nuestra formación didáctica y pedagógica, es decir, a la mejora de las cualidades que presumiblemente tenemos menos desarrolladas y que también son necesarias para la profesión docente. En ese sentido, la mayoría de las asignaturas cursadas me han proporcionado conocimientos muy útiles para mi futura labor docente y, por ello, las destaco a continuación.

Algunas asignaturas del primer cuatrimestre tenían una orientación pedagógica clara y contaban con unos contenidos bastante novedosos para mí. Es el caso de “Interacción y convivencia en el aula” y “Fundamentos de diseño instruccional en Física y Química”. En Interacción y convivencia tuve la oportunidad de conocer más a fondo las distintas etapas de la adolescencia y los problemas más comunes asociados a esa fase evolutiva. Asimismo, pude conocer las etapas de formación de los grupos y las estrategias docentes que se deben adoptar en cada una de ellas. Todos esos conceptos me resultaron útiles para comprender mejor el comportamiento de los alumnos durante el Practicum. De otro modo, algunas de sus actitudes podían haberme parecido fuera de lugar porque mi recuerdo de esa etapa vital puede haberse distorsionado. Además de eso, hay problemas actuales que no existían cuando yo estudiaba, como es el caso del *ciberbullying*. Por ello, es necesario mantenerse actualizado y conocer las problemáticas que afectan en cada momento a los adolescentes.

Respecto a la asignatura de Fundamentos de diseño instruccional, su aportación más valiosa fue el concepto de “ideas previas”, que son todos los conocimientos o ideas que poseen los alumnos antes de que llevemos a cabo nuestra acción docente. Esas ideas pueden ser consecuencia de acciones educativas anteriores o, simplemente, de las experiencias diarias de los alumnos. Aunque era consciente de que los alumnos poseen ideas preconcebidas sobre muchos de los temas a tratar, no sabía que eran ideas comunes a la gran mayoría de los alumnos ni que existía tanta investigación al respecto. Tal y como explicaré en el apartado siguiente, el conocimiento de las ideas previas de

los alumnos me parece fundamental a la hora de diseñar una secuencia didáctica y, por ello, mi Proyecto de Innovación comenzó con la determinación de las ideas previas de los estudiantes para luego diseñar una secuencia que permitiera modificar esas ideas de la manera más efectiva posible.

También dentro del primer cuatrimestre, las asignaturas de “Contexto de la actividad docente” y “Procesos de enseñanza-aprendizaje” me sirvieron para aproximarme a aspectos de la docencia que también desconocía. Gracias a Contexto de la actividad docente pude conocer la legislación educativa vigente y la estructura de nuestro sistema educativo. Ambos son aspectos fundamentales y, evidentemente, hay que conocerlos antes de entrar en el aula. La labor del profesor no se restringe únicamente al aula sino que el docente debe realizar también toda una serie de procedimientos burocráticos que requieren del conocimiento de la legislación actual.

En cuanto a Procesos de enseñanza-aprendizaje, me sirvió para tomar conciencia de las distintas metodologías que existen más allá de la clase magistral. Este aspecto es probablemente uno de los que más ha cambiado desde que yo era estudiante de Secundaria y Bachillerato, cuando cualquier cambio metodológico era percibido como arriesgado o, incluso, extravagante. Sin embargo, durante mi estancia en el centro educativo he visto cómo las nuevas metodologías se están implementando de manera satisfactoria y cómo los profesores emplean frecuentemente metodologías de aprendizaje cooperativo, proyectos de aprendizaje-servicio, etc. También es notable el uso que se hace de las Tecnologías de la Información y la Comunicación que, también a diferencia de lo que sucedía cuando yo era estudiante, ahora están ampliamente extendidas en la mayor parte de los centros educativos. Esas tecnologías abren todo un mundo de posibilidades dentro de la docencia y permiten el acceso a aplicaciones muy útiles y que yo desconocía por completo (Mentimeter, Kahoot, Padlet, Plickers, etc).

También en relación a los avances que ha experimentado la docencia durante las últimas décadas, la asignatura de “Evaluación e innovación docente en Física y Química” ofrece una panorámica de los distintos métodos de evaluación que pueden emplearse y que van más allá del examen escrito tradicional. Así, por ejemplo, la evaluación de la asignatura de Física y Química puede completarse por medio de trabajos cooperativos, elaboración de fichas resumen, realización de experimentos caseros, etc. Tampoco era conocedora de toda la investigación existente en el ámbito de didáctica de las ciencias y, de hecho, nunca me había planteado que se investigara en ese campo. Ese pensamiento probablemente se deba a que, durante mi época de estudiante, fueron muy pocos los cambios que percibí. Por lo tanto, la docencia de las ciencias era considerada por mi parte como algo inmutable a lo largo de los años.

Respecto a las actividades a realizar dentro de la docencia de la Física y Química, la asignatura de “Diseño, organización y desarrollo de actividades para el aprendizaje de Física y Química” ha servido como espacio de reflexión acerca del potencial didáctico de las diferentes actividades que pueden realizarse dentro de la asignatura y que incluyen prácticas de laboratorio, experimentos colectivos, experimentos ilustrativos o salidas fuera del centro educativo. Son muchas las actividades que pueden realizarse

para facilitar el proceso de enseñanza-aprendizaje y, de nuevo, es en la actualidad cuando se están aprovechando en mayor medida sus potencialidades. No obstante, la selección de las actividades más convenientes en cada caso requiere de una reflexión previa muy cuidadosa, ya que su conveniencia dependerá de cada contexto concreto.

Por último, una de las asignaturas que me ha resultado más útil para englobar todos esos aspectos de la docencia y hacer un uso adecuado de los mismos es “Habilidades comunicativas para profesores”. Esa asignatura no sólo se refiere a las habilidades oratorias, sino que también nos invita a reflexionar acerca de las estrategias metodológicas que resultan más o menos convenientes en función de las características de nuestro alumnado. En cuanto a las cualidades oratorias, la asignatura me ha servido para ser consciente de aquellas que debo mejorar para mi futura labor docente, ya que de nada sirve tener unos buenos conocimientos sobre la materia si no se transmiten de la manera adecuada.

En definitiva, el Máster de profesorado ofrece una perspectiva más amplia sobre la profesión docente, que implica mucho más que la transmisión de los contenidos teóricos de la materia (Figura 1).



Figura 1. Aspectos que debe considerar un docente. Además de los conocimientos teóricos sobre la materia, en el esquema se muestran los aspectos que me han resultado más novedosos y que he aprendido durante el Máster. Todos ellos deben ser tenidos en cuenta por el docente antes de entrar en el aula.

2. Justificación de la selección de los trabajos incluidos en la memoria

Aunque han sido varios los trabajos realizados a lo largo del Máster, en esta memoria se describen de forma detallada sólo dos de ellos. Concretamente, se han seleccionado el Proyecto de Innovación Docente “Introducción a la presión y los principios de la hidrostática mediante una secuencia didáctica con experimentos ilustrativos” y el Proyecto Didáctico “Enseñanza-aprendizaje de la Química del carbono”, que se encuentran descritos en los Anexos I y II respectivamente. De forma resumida, el Proyecto de Innovación consiste en una secuencia didáctica con experimentos ilustrativos relativos a la presión y la hidrostática. En cuanto al Proyecto Didáctico, gira en torno a la química del carbono y pretende modificar las percepciones negativas de los alumnos acerca de la química. Para ello se plantea que comprendan de una manera más profunda la química del carbono, así como las implicaciones que tiene en nuestra vida cotidiana y en el desarrollo de una sociedad sostenible.

La selección de esos trabajos, y no otros, responde a dos motivos fundamentales. En primer lugar, han sido los que me han exigido una mayor integración de todos los conocimientos adquiridos durante el Máster y los que me han resultado más complejos de realizar. Tal y como se describirá a continuación, para su elaboración tuve que seleccionar los contenidos científicos a tratar y realizar un análisis didáctico sobre la metodología o metodologías que podrían resultar más adecuadas para abordarlos. Para ese último punto, consideré las dificultades de aprendizaje más frecuentes para cada uno de los tópicos y las investigaciones didácticas existentes al respecto.

En segundo lugar, al haberse realizado de forma individual, esos trabajos son los que reflejan verdaderamente cómo me gustaría ejercer la labor docente. De hecho, el Proyecto de Innovación sobre presión e hidrostática fue llevado a la práctica en el colegio Salesiano, dentro de la asignatura de Física y Química de 4º de la ESO. La satisfacción de los alumnos con el proyecto fue total y todos ellos manifestaron sentirse contentos con lo que habían aprendido. Eso me confirmó que la propuesta planteada había sido adecuada y por ello se incluye en esta memoria. En cuanto al Proyecto Didáctico sobre química del carbono, aunque no pudo ser implementado, se planteó para que pudiera ser llevado a cabo en cualquier centro, porque las metodologías que propone no requieren demasiados medios informáticos ni materiales y pueden adaptarse fácilmente a las características de cada centro.

Puesto que no fue llevado a la práctica, el Proyecto Didáctico puede ser susceptible de más modificaciones que el Proyecto de Innovación, ya que es posible que algunos de los aspectos planteados presenten dificultades que no han podido preverse. No obstante, ambos trabajos deben entenderse como propuestas que pueden (y deben) ser modificadas en función de las características específicas de cada grupo clase. Es posible que una propuesta que ha resultado exitosa en un grupo no lo sea en otro y, por lo tanto, estos trabajos no deben entenderse como propuestas aplicables y válidas en cualquier contexto.

La integración de mis conocimientos previos sobre la Física y la Química y de todos los conocimientos adquiridos durante el Máster ha supuesto un reto para mí y, como he mencionado, es la razón fundamental de que haya seleccionado estos dos trabajos. Debido a mi experiencia dentro del ámbito de la investigación, he tenido que exponer mi trabajo de manera regular en congresos científicos. Esas exposiciones me requerían profundizar en los aspectos científicos pero, al carecer de una finalidad didáctica, no me exigían analizar los aspectos didácticos del contenido. Durante la preparación de las exposiciones nunca tuve que cuestionarme si el público estaba capacitado para comprender mis explicaciones o cuál sería la mejor manera de transmitirlos. Precisamente ahí radica la principal diferencia con el planteamiento de un proyecto didáctico, para el cual hay que tener en cuenta muchos más aspectos además de los contenidos científicos.

Aunque las estrategias empleadas para diseñar un proyecto didáctico pueden variar ligeramente en función de cada docente, en cualquier caso hay que tener en cuenta varias consideraciones. En mi caso, los puntos que he contemplado y el orden en el que lo he hecho se muestran en la Figura 2.

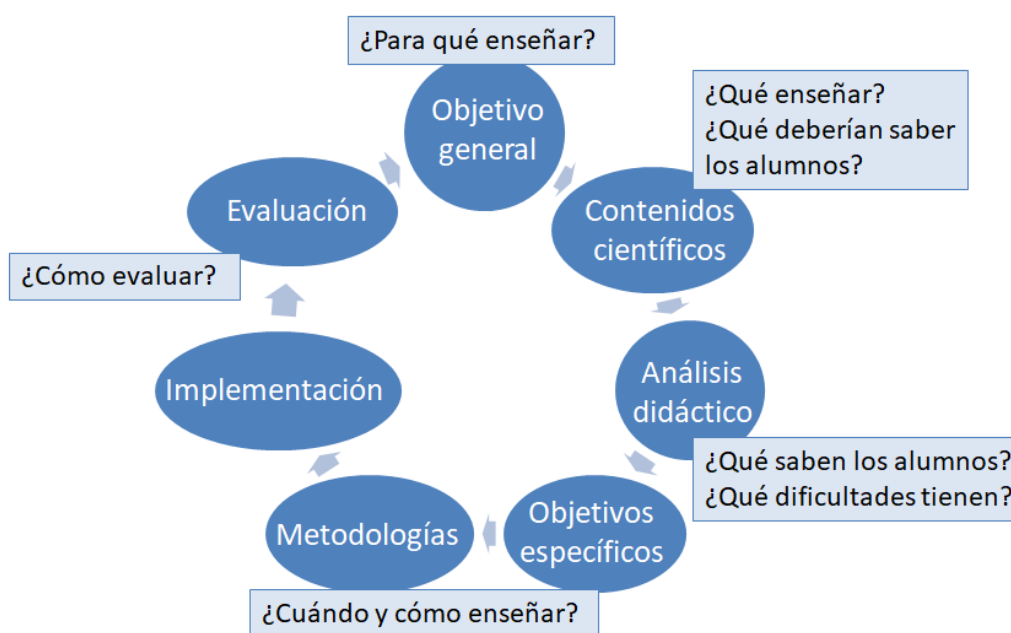


Figura 2. Planteamiento seguido para diseñar los proyectos didácticos incluidos en esta memoria.

En primer lugar, tal y como puede verse en la Figura 2, se ha partido de la base de que todo proyecto didáctico debe tener un objetivo general o finalidad clara. Dicho objetivo puede ser de carácter conceptual como, por ejemplo, “relacionar los principios de la hidrostática con fenómenos cotidianos” pero también puede ser un objetivo más actitudinal como “modificar las percepciones negativas de los alumnos acerca de la química”. A continuación, no podemos olvidar que existe un marco curricular que

establece qué es lo que deben saber los alumnos. Por lo tanto, ese marco debe emplearse para establecer los contenidos científicos que nos permitirán alcanzar el objetivo general.

Una vez elegidos los contenidos, hay que considerar las características de los alumnos, ya que a ellos está dirigida la acción docente. Los alumnos adolescentes tienen unas características cognitivas, ideas previas y conocimientos que no podemos obviar y que hay que considerar en todo momento a la hora de diseñar la secuencia didáctica, en la etapa denominada “análisis didáctico”. Tras estudiar las características del alumnado, pueden plantearse los objetivos específicos y las metodologías que van a emplearse para cumplir el objetivo general. Por último, tras implementarse el proyecto didáctico, se llevará a cabo la evaluación del proceso de enseñanza-aprendizaje. Eso supone, no sólo evaluar los conocimientos del alumnado, sino también reflexionar sobre la adecuación de la propuesta.

Precisamente debido a esa reflexión continua que exige el diseño de una propuesta didáctica, he decidido representar el proceso con un esquema circular en lugar de lineal. Es posible que, tras implementar una propuesta, tengamos que replantear los contenidos incluidos, la metodología empleada o incluso el objetivo general. En consecuencia, no se trata de un proceso lineal, sino que todas las etapas están íntimamente conectadas y deben revisarse de manera continuada. Como ya se ha mencionado, la idoneidad de una propuesta depende del grupo concreto en el que se aplica, de forma que puede resultar exitosa en un grupo pero no funcionar en otro.

Una vez analizadas las etapas seguidas para diseñar los proyectos incluidos en esta memoria, pueden apreciarse claramente las diferencias con el proceso que seguía para diseñar mis exposiciones científicas. Este último era un proceso mucho más breve y exigía una menor integración de conocimientos, ya que únicamente debía plantearme un objetivo general y seleccionar los contenidos científicos que quería tratar para conseguirlo. Dado que la finalidad era más expositiva que didáctica, no tenía que realizar un análisis didáctico del contenido ni de las metodologías más convenientes.

Debido a esa mayor complejidad, para facilitar la comprensión del proceso de diseño del Proyecto de Innovación y del Proyecto Didáctico, a continuación se incluye una descripción más detallada de las etapas principales. Se destacan también los aspectos que me resultaron más dificultosos y por los que he considerado interesante analizar en profundidad estos trabajos.

2.1. Planteamiento del objetivo general

Para el diseño de ambos proyectos se establecieron en primer lugar los objetivos principales porque se ha partido de la base de que su formulación es fundamental para que la propuesta didáctica tenga una dirección concreta. En caso contrario, tal y como señala Fernández-Uría (1979), “*se corre el peligro de improvisar y de desperdiciar energías por derroteros secundarios y carentes de dirección definida*” (página 255).

Esa primera etapa de definición de objetivos es precisamente la más complicada para los docentes poco experimentados y es también la que determina los contenidos y condiciona las metodologías a emplear. Debe prestarse mucha atención para que la propuesta mantenga una congruencia con respecto a los objetivos inicialmente planteados y, precisamente por eso, el diseño de los proyectos didácticos se ha representado como un proceso circular porque, en ocasiones, puede ser necesario reformular los objetivos para mantener la coherencia.

Los factores que pueden influir a la hora de determinar los objetivos didácticos son muy diversos. Así, estos pueden estar influenciados por la concepción de la educación defendida por cada docente, por el nivel de desarrollo cognitivo de los alumnos y sus intereses, por las características propias de cada materia e incluso por necesidades de tipo social. Además, no hay que olvidar tampoco la influencia que ejercen las características o condicionantes materiales del centro en el que se realiza la propuesta y la influencia de la normativa educativa vigente, a la cual debe ceñirse nuestra acción docente (Fernández-Uría, 1979) (Figura 3).

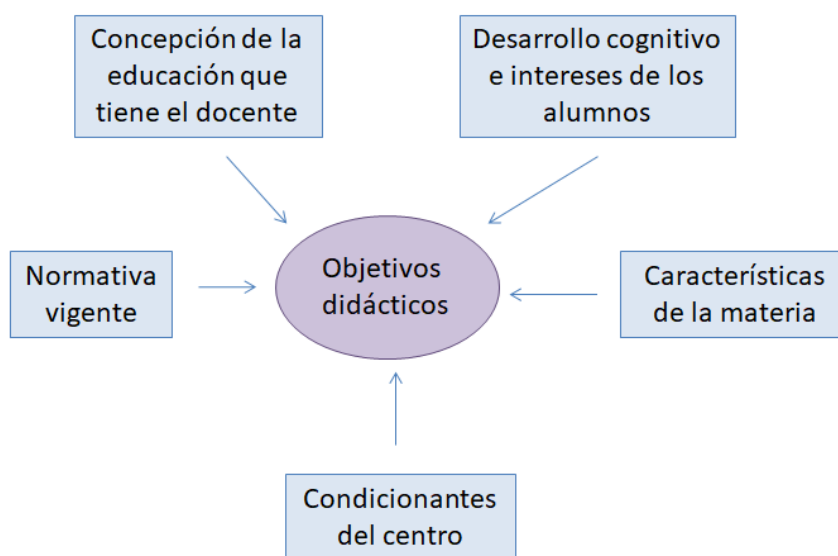


Figura 3. Factores que influyen sobre los objetivos didácticos. Adaptado de Fernández-Uría, 1979.

En mi caso, el objetivo general del Proyecto de Innovación estuvo determinado básicamente por los condicionantes del centro en el que se realizó la propuesta. Debido a cuestiones prácticas, acordé con mi tutor que lo más conveniente era impartir los contenidos relativos a presión y principios de la hidrostática en 4º de la ESO. Por lo tanto, el objetivo sería mejorar los conocimientos de los alumnos acerca de ese tema. En cuanto al Proyecto Didáctico, al tratarse de una propuesta meramente teórica y que no iba a ser llevada a la práctica, no existían los condicionantes anteriores. Por ese motivo, se aprovechó para diseñar un proyecto totalmente diferente, en el que el objetivo principal se alejaba de lo puramente científico para abordar una problemática social.

Puesto que se ha observado que los alumnos suelen presentar percepciones negativas acerca de la química, se planteó como objetivo modificar esas percepciones negativas y acercar a los alumnos al concepto de “química verde” o “química para la sostenibilidad” (Mascarell Borreda y Vilches Peña, 2016). Al no estar sujeta a ningún tipo de condicionante externo, pude diseñar el proyecto con una mayor libertad y de manera totalmente distinta al anterior.

Este último es otro de los motivos por los que he seleccionado esos dos trabajos para la memoria, porque responden a planteamientos totalmente diferentes. El primero de ellos, el Proyecto de Innovación, se diseñó desde el realismo total y sabiendo que disponía de un tiempo limitado para implementarlo, mientras que el Proyecto Didáctico no estaba sujeto a condicionantes y por lo tanto pude plantearlo de una manera más utópica.

2.2. Selección de los contenidos científicos

Una vez planteados los objetivos generales de cada proyecto, se seleccionaron los contenidos que se consideraron más adecuados para su consecución. Si el planteamiento de los objetivos me resultó dificultoso, la elección de los contenidos no fue más sencilla, y por ello he considerado necesario destacarla en este apartado. De nuevo, al tratarse de dos proyectos considerablemente distintos, la formulación de la secuencia de contenidos fue diferente en cada uno de ellos.

Dado que el Proyecto de Innovación tenía que ser llevado a la práctica, los contenidos se seleccionaron de acuerdo a lo establecido por el currículo (Orden ECD/489/2016) y prestando atención a las investigaciones realizadas por distintos autores en relación a la enseñanza-aprendizaje de la presión y la hidrostática (De Pro, 2012; García-Carmona, 2009). No obstante, cabe señalar que se eliminaron aquellos contenidos que se consideraron prescindibles para la consecución del objetivo general y que no podían impartirse debido a limitaciones temporales, como fue el caso de la interpretación de mapas meteorológicos.

En cuanto al Proyecto Didáctico sobre la química del carbono, los contenidos se seleccionaron más libremente, sin atender a la rigidez que establece el currículo y que, por otra parte, pocas veces se cumple en la enseñanza de ese tema. Dado el objetivo general (modificar las percepciones negativas de los alumnos acerca de la química), la selección de contenidos se realizó de manera que el proyecto únicamente aborda aquellos que se consideraron estrictamente necesarios para la consecución de ese objetivo. Esto no es impedimento para que el proyecto pueda ser ampliado incluyendo todos los contenidos que se desee e incluso extendiendo el tratamiento que se hace de algunos de ellos. Pero, como se ha explicado, en este caso se eligieron únicamente los contenidos que dotan al proyecto de la coherencia necesaria y que, presumiblemente, permiten la consecución del objetivo planteado.

Debido a la escasez de bibliografía existente en relación a la didáctica de la química del carbono en Bachillerato, tuve que secuenciar los contenidos de la forma que consideré más adecuada y que puede no ser la óptima. Concretamente, los secuencié de una manera que, aunque en su momento no identifiqué como tal, podríamos denominar como gagnetiana (Gutiérrez, 1989). Los contenidos fueron ordenados de modo jerárquico, colocando en primer lugar aquellos que, aunque no eran necesariamente los más sencillos, permitían la comprensión de los contenidos posteriores. Por ejemplo, la comprensión inicial sobre los enlaces de carbono y las funciones orgánicas se consideró necesaria para entender la estructura de las biomoléculas orgánicas y polímeros. Del mismo modo, se consideró que era necesario abordar la química de los polímeros antes de mostrar las contribuciones de la química para el desarrollo de polímeros biodegradables y biocompatibles.

La selección de los contenidos también me exigió una revisión extensa de los mismos, de manera que mi comprensión del tema fuera la máxima posible y pudiera transmitírsele a los alumnos correctamente. Especialmente en el caso del Proyecto de Innovación, actualicé mis conocimientos por medio de la lectura de los artículos de investigación ya mencionados y del libro de Física general de Paul A. Tipler (2003). Esta etapa es fundamental porque, del mismo modo que se ha estudiado que las ideas previas de los alumnos pueden afectar al proceso de enseñanza-aprendizaje, las ideas y conocimientos del docente también pueden condicionar ese proceso y, lo que es más importante, pueden fomentar la aparición de ideas alternativas en el alumnado (Sinarcas y Solbes, 2013).

Son muchas las investigaciones que llevan a la conclusión de que, en ocasiones, los estudiantes no alcanzan los objetivos propuestos porque la enseñanza realizada no favorece la superación de sus dificultades (Sinarcas y Solbes, 2013). Así, se ha establecido que la primera condición necesaria para una enseñanza efectiva es que el profesor conozca los contenidos científicos que ha de enseñar (Shulman, 1986). Por ello, diversos autores proponen desarrollar estrategias específicas para mejorar los conocimientos de los futuros docentes sobre la Física y la Química (Furió-Gómez y Furió-Más, 2016; Kind y Kind, 2011; Wheeldon, 2017). Durante el Practicum he visto que esa profundización en los conocimientos requiere una gran inversión de tiempo y esfuerzo y, por tanto, considero que todo futuro docente debería ser responsable de realizarla por su cuenta antes de iniciar el ejercicio docente.

2.3. Análisis didáctico de los contenidos

Una vez seleccionados los contenidos de cada proyecto, se realizó un análisis didáctico de los mismos para conocer las ideas previas y dificultades de aprendizaje más frecuentes de los alumnos. A lo largo de la historia de la didáctica de las ciencias ha cambiado notablemente la percepción acerca del proceso de enseñanza-aprendizaje. Así, en un primer momento, estaba extendida la idea de que la mente de los estudiantes era como un libro en blanco sobre el cual se iban escribiendo los conocimientos que les

eran transmitidos. Sin embargo, con el paso de los años, esa idea fue desplazada y los investigadores y docentes observaron que el principal factor que influye en el aprendizaje del alumnado son sus conocimientos previos (Ausubel, Bayek y Hanesian, 1983). Consecuentemente, el proceso de enseñanza debe adaptarse a los conocimientos e ideas que ya posee el alumnado para que el nuevo conocimiento se construya de manera sólida sobre el ya existente. En algunos casos, esas ideas previas serán científicamente erróneas y corresponderá al docente modificarlas para que el alumno avance hacia el conocimiento científicamente correcto.

Partiendo de esa base, antes de diseñar los proyectos me propuse conocer las ideas previas y dificultades de los alumnos. Sólo de ese modo me sería posible adaptar mis propuestas a sus necesidades y favorecer un aprendizaje significativo. Ese fue precisamente otro de los retos que me encontré y que me resultó más estimulante, ya que no sólo debía transmitir a los alumnos un conocimiento científicamente correcto, sino que debía tener en cuenta sus conocimientos previos y dificultades. En relación al Proyecto de Innovación, existen numerosos artículos en los que se describen las principales ideas previas de los alumnos sobre la presión y la hidrostática (Fernández, 1985; García-Carmona, 2009; Kariotogloy, Koumaras y Psillos, 1993; Mazzitelli, Maturano, Núñez y Pereira, 2006). Aunque la bibliografía es extensa y todas las fuentes apuntan en la misma dirección, decidí realizar además un cuestionario de ideas previas a los alumnos. Ese cuestionario me sirvió para confirmar que los estudiantes poseían esas ideas previas y adaptar la secuencia didáctica en consecuencia.

En cuanto al Proyecto Didáctico, prácticamente no encontré bibliografía sobre las ideas previas de los alumnos, más allá de que tienen la percepción generalizada de que la química está asociada con desastres naturales, productos peligrosos y armas de destrucción masiva (Chamizo, 2011; Garritz, 2011; Tippins, Nichols y Kemp, 1999). La escasez de bibliografía al respecto probablemente se debe a que, si hacemos un análisis curricular de la materia de Física y Química a lo largo de la ESO y Bachillerato (Orden ECD/489/2016 y Orden ECD/494/2016), vemos que la primera vez que se aborda este tema de manera directa es en 4º de la ESO. Dentro del Bloque 2 (La materia), se incluye el epígrafe “Introducción a la química de los compuestos del carbono” pero, en la práctica docente real, son pocos los profesores que lo abordan en ese curso. Esos contenidos suelen quedar relegados a 1º de Bachillerato, por lo que el bagaje de los alumnos en el tema es muy escaso. Aunque en otras materias como Biología y Geología o Tecnología se estudian la composición de los ácidos nucleicos, el ciclo del carbono y las características de los plásticos, como se verá más adelante, los alumnos no relacionan esos aspectos con la química del carbono.

Por todo ello, en lugar de centrarme en las ideas alternativas, busqué bibliografía relativa a las dificultades conceptuales que podrían presentar los alumnos para comprender la química del carbono. Las dificultades más frecuentes se refieren a los problemas que experimentan para comprender adecuadamente el enlace covalente y la geometría de las moléculas orgánicas (Cascarosa-Salillas, Fernández-Álvarez y Santiago, 2018; Román Carracedo, 2018). Otra dificultad muy extendida es que no son

capaces de asociar los conceptos estudiados en Química con los estudiados en Biología, por lo que no llegan a comprender que los seres vivos también están formados por átomos y moléculas (Mondelo Alonso, García Barros y Martínez Losada, 1994). El tratamiento que se hace del nivel microscópico durante la Educación Secundaria Obligatoria no favorece que los alumnos comprendan la composición de la materia viva y la relacionen con la química del carbono. De hecho, la mayoría de los ejemplos incluidos en los libros de texto de la ESO se refieren a la composición atómica de la materia inerte y no de la materia viva.

Este análisis didáctico que acabo de describir y que tuve que realizar para cada uno de los dos proyectos fue, como ya he dicho, uno de los principales retos que se me plantearon a la hora de diseñarlos. Sin embargo, es precisamente ese análisis el que distingue a estos trabajos de cualquier otro de los que he realizado durante el Máster o durante mi experiencia previa.

2.4. Elección de metodologías

Tras analizar los contenidos y las dificultades que suponían para los alumnos, me dispuse a seleccionar las metodologías que podrían resultar más convenientes para articular cada uno de los proyectos. Si bien este aspecto tampoco es baladí, creo que es el que ofrece una mayor flexibilidad, ya que no hay una única metodología válida para abordar cada contenido. Por lo tanto hay que considerar en todo momento que, además de las metodologías que yo seleccioné, otras aproximaciones podrían resultar igualmente válidas e incluso más adecuadas.

Durante el primer cuatrimestre de este Máster se nos explicaron las distintas metodologías que se están aplicando actualmente en los centros educativos y que incluyen, entre otras, el aprendizaje cooperativo, el aprendizaje basado en problemas y la clase invertida. Sin embargo, en ese momento, no era capaz de ver su idoneidad para la enseñanza-aprendizaje de la Física y Química. Ya en el segundo cuatrimestre, durante mi experiencia en el Practicum y profundizando en el conocimiento de esas metodologías, pude ver su potencial y me atreví a plantearlas en mis propios proyectos didácticos. Así, en el Proyecto de Innovación profundicé en el potencial de los experimentos ilustrativos para facilitar la enseñanza-aprendizaje de la presión y la hidrostática (Caamaño, 2003). En cuanto al Proyecto Didáctico, al ser el tema más extenso, recurrí a metodologías más variadas para abordar los distintos problemas del alumnado. Por ejemplo, para mejorar la comprensión sobre la geometría de los compuestos orgánicos planteé una actividad en la que los alumnos debían construir moléculas orgánicas sencillas con modelos moleculares tridimensionales.

En definitiva, este punto es otro de los que me ha hecho seleccionar el Proyecto de Innovación y el Proyecto Didáctico para esta memoria. Podría decirse que ha sido la primera vez que me he planteado aplicar metodologías alejadas de la clase magistral con el convencimiento pleno de que podrían resultar convenientes.

2.5. Diseño de la evaluación

La etapa de evaluación es fundamental dentro del proceso educativo, ya que permite obtener información acerca del grado de consecución de los objetivos planteados y modificar la propuesta didáctica en el caso de que sea necesario. Además, si se plantea de forma adecuada, puede servir como estímulo al alumnado (Fernández-Uría, 1979). Al igual que se mencionaba la necesidad de mantener la coherencia a lo largo de toda la propuesta didáctica, es fundamental mantenerla también en la evaluación. Por ejemplo, si se plantean sesiones en las que se fomentan el razonamiento y la discusión, no tiene sentido evaluar después mediante exámenes de tipo memorístico. En definitiva, la metodología debe ser congruente con los objetivos planteados y, a su vez, los métodos de evaluación deben ser coherentes con todo lo anterior.

Con el fin de mantener esa coherencia, en el Proyecto de Innovación se planteó la evaluación por medio de un cuestionario con preguntas breves que no podían resolverse mediante un aprendizaje memorístico. Como puede verse en el Anexo I, las preguntas exigían respuestas breves pero correctamente razonadas. Además, la apariencia del cuestionario dista bastante de lo que sería un examen tradicional, ya que contiene abundantes imágenes. Con esto se pretendía que la apariencia de la prueba fuera más atractiva para los alumnos y mantuviera una consistencia con las sesiones teóricas, en las que se había recurrido al empleo de imágenes para explicar varios conceptos. Por último, para que la corrección fuera lo más objetiva posible, se elaboró una rúbrica de corrección que recogía todas las posibles respuestas de los alumnos en función de los niveles de conocimiento establecidos por Oliva (2003).

Esta etapa del diseño también me supuso un reto considerable porque debía asegurarme de que la evaluación era adecuada para valorar el grado de consecución de los objetivos planteados. Debido a cuestiones prácticas, solo podía realizar una prueba de evaluación, por lo que esta debía proporcionarme información suficiente sobre el conocimiento de los alumnos y, por ende, sobre la validez de la propuesta didáctica. Aunque, con el fin de garantizar la objetividad, podía haber realizado a los alumnos una prueba tipo test, consideré que en ese caso no habría obtenido toda la información necesaria. Las pruebas objetivas, en las que sólo hay una respuesta válida, no permiten evaluar el razonamiento seguido por los alumnos hasta llegar a la respuesta correcta (Fernández-Uría, 1979). Por lo tanto, aunque resultan muy prácticas por la rapidez con la que se corrigen, no son adecuadas para evaluar una propuesta didáctica.

Al igual que me sucedió con las nuevas metodologías, aunque mi desconocimiento inicial me hacía rechazar otras formas de evaluación, con el diseño de mi Proyecto de Innovación fui consciente de que es posible diseñar pruebas de evaluación diferentes a los exámenes tradicionales y que, además, resulten más motivantes para los alumnos. En este caso, el simple hecho de incluir imágenes hizo que los alumnos mostraran un mayor interés y respondieran a todas las preguntas.

3. Presentación de los trabajos seleccionados

A continuación se describen brevemente los dos trabajos incluidos en esta memoria: el Proyecto de Innovación Docente (Anexo I) y el Proyecto Didáctico (Anexo II).

3.1. Proyecto de Innovación Docente

El Proyecto de Innovación Docente se realizó durante la última etapa del Máster, enmarcado dentro de la asignatura de “Evaluación e innovación docente e investigación educativa en Física y Química”. El trabajo tenía como objetivo realizar una intervención educativa en el centro de prácticas, en mi caso en el colegio Salesiano Nuestra Señora del Pilar (Salesianos), que resultase innovadora con respecto a lo que ya se estaba realizando dentro de la materia de Física y Química.

3.1.1. Contextualización

El proyecto consistió en la implementación de una secuencia didáctica para tratar los contenidos relativos a “presión” y “principios de la hidrostática” que, de acuerdo a la Orden ECD/489/2016, se encuentran dentro del temario de Física y Química de 4º de la ESO. Como propuesta innovadora se planteó realizar experimentos ilustrativos (o experiencias de cátedra) intercalados con las explicaciones teóricas. De esta manera se pretendía que los alumnos relacionaran las leyes y principios físicos con distintos fenómenos cotidianos para favorecer su comprensión. Como objetivo adicional, con esta metodología se pretendía aumentar su motivación hacia el aprendizaje de las ciencias. De este modo se cumplía también con las especificaciones metodológicas indicadas en el currículo, en donde se establece que debe favorecerse la aproximación de los adolescentes a la ciencia para que aprecien su valor y sus implicaciones en la vida diaria.

La propuesta se basó en las investigaciones realizadas por diversos autores, que defienden que los trabajos prácticos (categoría dentro de la que se engloban los experimentos ilustrativos) ejercen una función relevante dentro del aprendizaje de las ciencias. Así, Caamaño (2003) considera que los trabajos prácticos permiten alcanzar múltiples objetivos, como pueden ser: interpretar fenómenos cotidianos, aprender a manejar técnicas e instrumentos de laboratorio o aplicar estrategias de investigación para la resolución de problemas. Adicionalmente, se cree que estos trabajos podrían favorecer la motivación del alumnado.

El grupo de alumnos con el que se iba a llevar a cabo la propuesta estaba formado por 19 alumnos y 10 alumnas con un grado de motivación por el aprendizaje de la Física bastante heterogéneo. A partir de la observación del grupo pudo apreciarse que aproximadamente dos tercios de los alumnos mostraban una motivación media por el aprendizaje (e incluso media-alta en algunos casos), mientras que los demás mostraban

una motivación media-baja. Además, mostraban dificultades para trabajar de manera autónoma, por lo que se consideró más adecuado realizar experimentos ilustrativos en lugar de otro tipo de trabajos prácticos que requieren una mayor autonomía como, por ejemplo, las investigaciones.

3.1.2. Secuenciación

La secuencia de contenidos y actividades se estableció considerando las investigaciones didácticas de García-Carmona (2009) y De Pro (2012), que recomiendan comenzar explicando el concepto de presión con objetos sólidos antes de describir el concepto de presión hidrostática. Posteriormente pueden explicarse los principios de Pascal y Arquímedes y finalizar con el concepto de presión atmosférica. Antes de comenzar las explicaciones teóricas y experimentos ilustrativos se realizó a los alumnos un cuestionario para determinar sus ideas previas. Del mismo modo, al terminar la secuencia se les realizó un cuestionario para ver si sus ideas se habían modificado y otro para determinar su grado de satisfacción con lo aprendido. Con todo esto, se emplearon un total de siete sesiones de aproximadamente 50 minutos de duración que se estructuraron de esta forma:

SESIÓN	CONTENIDOS Y EXPERIMENTOS (★)	
1	Cuestionario inicial (ideas previas)	
2	Fuerza Presión Relación fuerza-presión ($P=F/S$)	★ Plastilina ★ Globos y chinchetas
3	Ecuación general de la hidrostática Paradoja hidrostática	★ Botella con agujeros
4	Principio de Pascal y aplicaciones	★ Prensa hidráulica adaptada (jeringas)
5	Principio de Arquímedes	★ Diablillo de Descartes
6	Presión atmosférica Repaso general	
7	Cuestionario final Cuestionario satisfacción	

3.1.3. Evaluación y resultados

Puesto que el Proyecto de Innovación pudo aplicarse por completo, en este apartado se describen brevemente los resultados obtenidos. En primer lugar, el cuestionario

inicial mostró que los alumnos tenían abundantes ideas alternativas sobre el tema a tratar:

- No conocen la relación existente entre fuerza y presión y, en consecuencia, emplean ambos términos de manera indistinta.
- Aunque reconocen que existe una presión en el fondo de un recipiente que contiene un fluido, muchos no conocen la existencia de presión también sobre las paredes del recipiente. Así, consideran que al hacer un agujero en la pared de una botella con agua el fluido sale resbalando por la pared.
- Los alumnos que sí reconocen que en el interior de una botella con agua hay presión debido a la presencia del fluido, asocian la presión en un punto con la masa o cantidad de agua sobre él, pero no con su profundidad.
- Algunos consideran que, teniendo dos objetos con el mismo volumen sumergidos en vasos de agua idénticos, el objeto con mayor masa es el que desplaza un volumen mayor de agua.

Todas esas ideas coincidían con las determinadas por distintos autores: la presión es un término sinónimo de fuerza, la presión en los líquidos sólo actúa verticalmente y hacia abajo, la presión hidrostática ejercida por un fluido en el fondo de un recipiente depende de la forma de dicho recipiente y el volumen de líquido desplazado por un cuerpo sumergido depende de la forma, la masa o la densidad del sólido, pero no de su volumen (Fernández, 1985; García-Carmona, 2009; Kariotogloy, Koumaras y Psillos, 1993; Mazzitelli *et al.*, 2006). De acuerdo a los niveles de conocimiento establecidos por Oliva (2003), los alumnos del grupo se encontraban entre un nivel 2 y 3, lo cual quiere decir que algunas de sus respuestas eran totalmente incorrectas y otras estaban en la línea adecuada pero contenían imprecisiones.



Figura 4. Experimentos ilustrativos realizados durante el Proyecto de Innovación.

Una vez conocidas las ideas previas del alumnado se aplicó la secuencia didáctica descrita, haciendo especial hincapié en demostrar a los alumnos que algunas de sus ideas se alejaban de lo científicamente correcto. Durante los experimentos se procuró que todos los alumnos los visualizaran correctamente y se permitió que participaran siempre que lo desearan, ya que en algunos casos manifestaban su incredulidad ante lo que estaban viendo (Figura 4). Asimismo, se estimuló su participación en las sesiones por medio de la formulación de abundantes preguntas.

Al finalizar la secuencia se realizó a los alumnos el cuestionario final, que no contenía ninguna imagen de las empleadas durante las sesiones y que tampoco tenía ninguna de las preguntas del cuestionario inicial. De este modo, no se evaluaba el aprendizaje memorístico sino la capacidad de razonamiento ante cuestiones sencillas. Los resultados de esos cuestionarios muestran que los alumnos evolucionaron hasta un nivel 3-4 de conocimiento, por lo que la mayoría de sus respuestas estaban en la línea adecuada o eran totalmente correctas. Notablemente, los mejores resultados se obtuvieron en la cuestión 3 (en la que debían seleccionar el diseño de una prensa hidráulica de manera razonada) y en la cuestión 5 (en la que tenían que explicar si dos bolas del mismo volumen y distinta masa desplazarían la misma cantidad de agua al sumergirse en un vaso). Aunque algunos alumnos continuaron manteniendo sus ideas previas, la mayoría las modificó tras la implementación de la secuencia didáctica, produciéndose un aumento generalizado en el nivel de conocimiento.

Por último, en cuanto al nivel de satisfacción de los alumnos con lo aprendido, el 100% se mostraron satisfechos y la mayoría valoraron positivamente las estrategias empleadas. Concretamente, manifestaron opiniones como las siguientes:

“Me ha gustado la cantidad de ejemplos reales y las distintas maneras de explicar un concepto para entenderlo correctamente”

“Me han gustado los experimentos que se han realizado, porque nos permiten ver de forma aplicada los principios y leyes físicas”

“Me han gustado los experimentos en directo porque así se hacía algo más entretenido que la clase normal”

“La teoría se me ha quedado como por arte de magia, imagino que será gracias a las demostraciones”

“He aprendido mucho en poco tiempo y de forma muy amena y visual”

Con todo esto, puede decirse que se cumplió el objetivo principal del proyecto, que era que los alumnos relacionaran las leyes y principios de la hidrostática con distintos fenómenos cotidianos para mejorar la asimilación de conceptos. Además, aunque de manera más subjetiva, también podría decirse que aumentó la motivación de los alumnos por el aprendizaje o, al menos, su interés durante las sesiones.

3.2. Proyecto Didáctico

El Proyecto Didáctico también se elaboró durante la última etapa del Máster, dentro de la asignatura de “Diseño, organización y desarrollo de actividades para el aprendizaje de Física y Química”. El trabajo tenía como objetivo diseñar una serie de actividades para el aprendizaje de un aspecto del currículo de Física y Química. Además, entre esas actividades tenía que haber al menos un trabajo práctico a desarrollar en el laboratorio.

3.2.1. Contextualización

El proyecto consistió en una secuencia de actividades para tratar parte de los contenidos del Bloque 4 (La química del carbono) dentro de la asignatura de Física y Química de 1º de Bachillerato. Como ya se ha indicado, al tratarse de un proyecto que no iba a ser implementado durante el periodo de prácticas, la selección de contenidos se realizó de una manera más utópica, sin desarrollar por completo todos los contenidos especificados en el currículo. Concretamente, solo se seleccionaron aquellos que permitieran conseguir el objetivo general del proyecto: transmitir a los alumnos la importancia que tiene la química en nuestra vida cotidiana y en el desarrollo de una sociedad sostenible. Se pretendía de este modo acercar a los alumnos al concepto de “química verde”, una nueva concepción basada en el desarrollo de procesos respetuosos con el medio ambiente (Mascarell Borreda y Vilches Peña, 2016), y alejarlos de las percepciones negativas que tienen sobre la química (Chamizo, 2011; Garritz, 2011; Tippins, Nichols y Kemp, 1999).

El bloque relativo a la química del carbono suele ser uno de los grandes olvidados durante la enseñanza de la Física y Química y es frecuente que los docentes dediquen poco tiempo a exponerlo. Sin embargo, debido a su estrecha relación con otras materias como la Biología o la Tecnología, este tema puede emplearse para que los alumnos comprendan la trascendencia de la química en la sociedad. Por ejemplo, a pesar de que las biomoléculas y polímeros están presentes en nuestra vida cotidiana, su tratamiento durante la ESO y el Bachillerato suele ser superficial (Calvo-Flores e Isac, 2013). Por ese motivo, el proyecto incluye explicaciones sobre las moléculas que componen la materia viva (biomoléculas) y también sobre los distintos tipos de polímeros existentes. Se intentan paliar de este modo las deficiencias observadas por algunos autores, que aportan evidencias de que los estudiantes perciben la química como algo alejado de su cotidianidad y, por ello, proponen enseñarles las implicaciones diarias de la química (Pinto, 2003).

Por otra parte, aunque en esta propuesta no se ha considerado necesario explicar a los alumnos el concepto de química verde de manera literal, sí se trata de una manera indirecta, mostrándoles distintas contribuciones de la química para la sostenibilidad. Se cree que el tratamiento de la química verde en Secundaria y Bachillerato favorecería la formación de ciudadanos más concienciados medioambientalmente y conscientes del

importante papel que tiene la química en el desarrollo de procesos respetuosos con el medioambiente (Mascarell Borreda y Vilches Peña, 2016) y, por ello, este proyecto pretende contribuir a ese respecto.

3.2.2. Secuenciación

La bibliografía relativa a la didáctica de la química del carbono es muy escasa y, como consecuencia, los contenidos y actividades se secuenciaron de la manera que se consideró más adecuada para favorecer la comprensión: enlaces de carbono y funciones orgánicas, biomoléculas, polímeros, aplicaciones y propiedades de compuestos orgánicos de interés y, por último, química verde (polímeros biodegradables y plantas depuradoras de aguas residuales). En la Figura 5 pueden apreciarse los contenidos y también las actividades asociadas a cada uno de ellos.

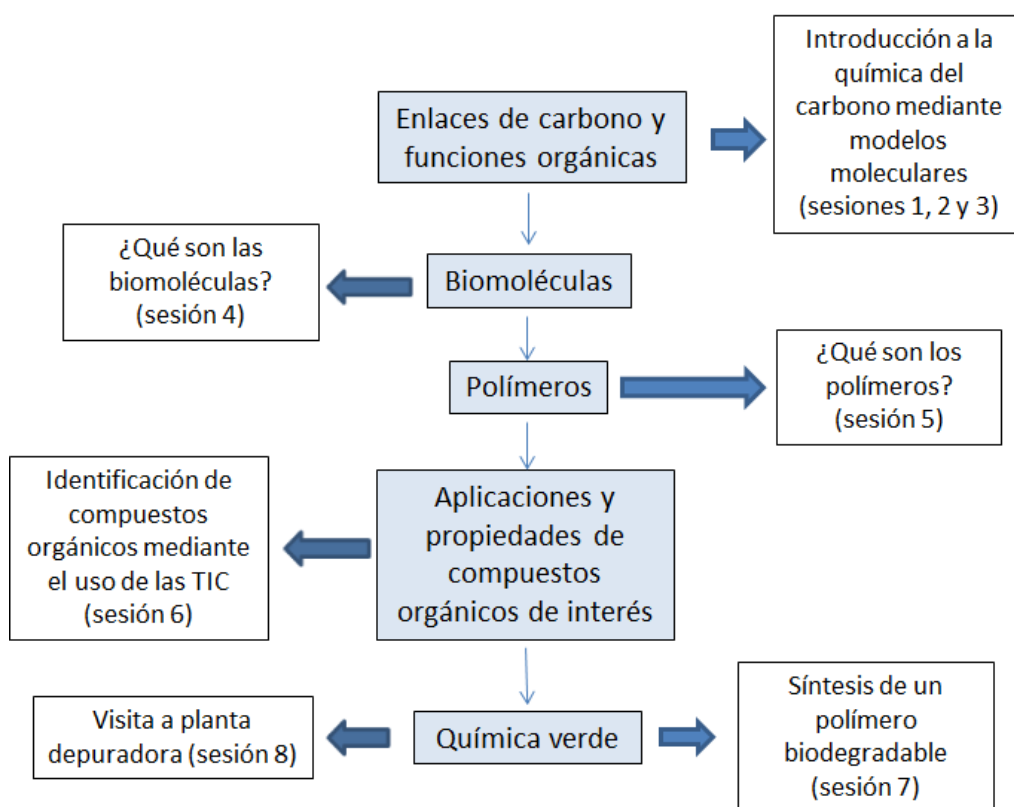


Figura 5. Secuencia de contenidos y actividades del Proyecto Didáctico. Los contenidos se muestran en los recuadros azules centrales y, las actividades, en los recuadros blancos.

En primer lugar, se consideró necesario comenzar con los contenidos relativos al enlace del carbono y las funciones orgánicas porque son fundamentales para que los alumnos puedan comprender la estructura de compuestos orgánicos más complejos, como biomoléculas o polímeros. Por lo general, los compuestos orgánicos de interés

poseen estructuras complejas que los alumnos no serían capaces de entender sin la comprensión previa del enlace de carbono y de las funciones orgánicas (alcoholes, aldehídos, cetonas, etc.) (García Salinas, 2016).

Como se ha visto que los alumnos suelen tener dificultades para entender el enlace covalente y la geometría de las moléculas orgánicas, algunos autores recomiendan emplear modelos moleculares para facilitar el proceso de enseñanza-aprendizaje (Casarosa-Salillas *et al.*, 2018; Román Carracedo, 2018). Por este motivo se incluye una primera actividad en la que, durante tres sesiones, se trabaja con modelos moleculares tridimensionales para facilitar la visualización de la geometría de las moléculas orgánicas. De esta manera se minimizan posibles interpretaciones erróneas de las estructuras moleculares y, al tratarse de una metodología más participativa, puede tener el efecto adicional de incrementar el interés del alumnado.

La sesión 4 se dedica a explicar las principales biomoléculas orgánicas (ácidos nucleicos, glúcidos, lípidos y proteínas). También se ha observado que algunos alumnos tienen problemas para comprender que los seres vivos están constituidos por las mismas unidades materiales que la materia inerte. En concreto, está extendida la idea de que los seres vivos están compuestos por unidades diferentes y se rigen por leyes distintas a la materia inerte, lo cual revela la desconexión existente entre la química y la biología. Esa desconexión podría ser debida a que los profesores consideran que los alumnos son capaces de relacionar todos los saberes académicos por sí mismos y no se dedica el tiempo suficiente a interrelacionar conceptos de distintas materias (Mondelo Alonso, García Barros y Martínez Losada, 1994). Por ello, la secuencia incluye una sesión en la que se destaca a los alumnos que los seres vivos están compuestos por distintos tipos de moléculas orgánicas y que, en último término, esas moléculas están compuestas por los mismos átomos que la materia inerte.

A continuación, la sesión 5 se dedica a explicar los polímeros existentes, tanto naturales (queratina, seda, caucho) como artificiales (plásticos, fibras textiles, siliconas), para que los alumnos puedan apreciar la relevancia de la química en nuestra vida cotidiana y en el desarrollo de materiales de uso frecuente. Para profundizar en esa idea, la sesión 6 se dedica a la investigación de algunos compuestos orgánicos de interés. Concretamente, la actividad consiste en la identificación de una serie de compuestos a partir de su estructura química y características empleando las TIC. Para ello se han adaptado las fichas del concurso “Adopta tu molécula” del suplemento Tercer Milenio del Heraldo de Aragón (Gomollón Bel y García Laureiro, 2018), que plantean a los estudiantes pistas atractivas para identificar distintos compuestos e incrementar su curiosidad por la química. Esta actividad cumple además con las recomendaciones metodológicas especificadas en el currículo (Orden ECD/494/2016), en donde se indica que es importante abordar el aspecto práctico de la Física y Química por medio de la búsqueda y análisis de información mediante las Tecnologías de la Información y la Comunicación (TIC).

Las dos últimas sesiones del Proyecto Didáctico se dedican a la química verde. En la sesión 7 se propone el visionado de un vídeo sobre el Instituto de Ciencia y

Tecnología de Polímeros (CSIC), donde existen diversas líneas de investigación en torno a la síntesis de polímeros biodegradables. De esta forma, tal y como se indica en el currículo, los alumnos visitan (aunque sea de manera virtual) centros de trabajo para ver de cerca las aplicaciones de la Física y la Química y conocer su relación con el desarrollo económico y social. A continuación, dentro también de la sesión 7, se propone que los alumnos sinteticen su propio polímero biodegradable a partir de almidón de maíz y glicerol. Con esto se pretende que conozcan este tipo de polímeros y piensen sus posibles aplicaciones, además de mostrarles otro aspecto práctico de la Física y Química.

Por último, en la sesión 8 se propone que los alumnos visiten una planta depuradora de aguas residuales para que aprecien la necesidad de desarrollar materiales biodegradables y observen la utilidad de la química durante los procesos de descontaminación de las aguas. En definitiva, con estas dos últimas actividades se intenta que los alumnos se acerquen al concepto de química verde, valorando las aportaciones de la química a la sostenibilidad medioambiental.

3.2.3. Evaluación y resultados

Al tratarse de un Proyecto Didáctico teórico, que no ha sido llevado a la práctica, no se pueden explicar en este apartado los resultados de la propuesta. Como ya se ha mencionado, es difícil predecir si una propuesta va a tener resultados satisfactorios o no, ya que eso depende de múltiples factores. Uno de los principales factores que afectará al éxito de este proyecto concreto es la implicación del alumnado, ya que prácticamente todas las actividades exigen una elevada implicación por parte de los alumnos. Al ser muchas de las actividades de carácter grupal, el docente deberá procurar la participación de todos los miembros del grupo porque deben trabajar de manera verdaderamente cooperativa.

Con el fin de fomentar esa implicación del alumnado, se propone una evaluación continua y consistente con lo planteado. Esto quiere decir que no se incluye una prueba escrita tradicional al final de la secuencia didáctica, sino que se proponen diversas actividades de evaluación a lo largo de la misma. Así, por ejemplo, la evaluación de las sesiones 1, 2 y 3 se haría por medio de la construcción de moléculas orgánicas sencillas en pequeños grupos. En la sesión 5 se propone que cada alumno seleccione un polímero y realice un pequeño trabajo de investigación sobre el mismo, incluyendo su estructura, método de obtención, propiedades y aplicaciones. Para la sesión 6 se propone asignar puntos a los distintos grupos en función de si han conseguido identificar su molécula y si han explicado de manera adecuada sus propiedades y aplicaciones. Por último, la evaluación de la sesión 8 se haría por medio de la construcción de un muro informativo virtual (<https://padlet.com/vcalvosein/wdnavm6h22zr>) en el que cada alumno incluiría una aportación (imagen, vídeo, texto breve, enlace web) relativa a la visita a la depuradora de aguas residuales.

En cuanto a la evaluación del proceso de enseñanza, también debe ser continua, ya que es fundamental que el docente reflexione sobre la idoneidad de la propuesta tras cada una de las sesiones. De este modo podrá determinarse si las metodologías empleadas son adecuadas para la consecución de los objetivos planteados y podrán detectarse las dificultades que pueden surgir entre el alumnado. El objetivo principal de esta propuesta es que los alumnos mejoren su comprensión sobre la química de los compuestos orgánicos para que sean conscientes de la importancia de la química en la vida cotidiana y en la construcción de una sociedad sostenible. Por lo tanto, las metodologías empleadas se considerarán adecuadas siempre y cuando se consiga alcanzar dicho objetivo.

4. Reflexiones

A lo largo de esta memoria he tratado de ofrecer una visión de cómo mi paso por el Máster ha modificado algunas de las percepciones que tenía sobre la profesión docente. Además de los contenidos de las distintas asignaturas, que en muchos casos me han resultado novedosos, los dos proyectos didácticos que he incluido me han supuesto una enorme fuente de reflexión y aprendizaje. Durante su elaboración he aprendido aspectos que no era consciente de desconocer y ahora tengo el convencimiento de que todavía me queda mucho por aprender. Asimismo, en esta reflexión final me gustaría hacer hincapié en todo lo que ha supuesto para mí el periodo de prácticas del Máster ya que, a partir de esa experiencia, he considerado necesario hacer algunas modificaciones en los proyectos presentados.

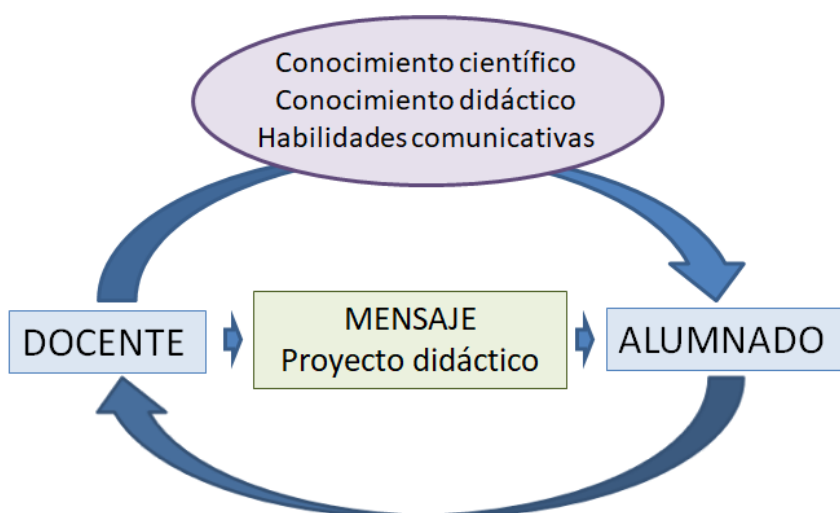


Figura 6. Esquema del proceso educativo. Se muestran los componentes del proceso educativo que se analizarán en este apartado: el docente, el mensaje (proyecto didáctico) y el alumnado.

En este apartado trataré de poner en orden todas esas reflexiones, comenzando por lo más concreto, que son los aspectos a modificar en mis proyectos didácticos. Una vez analizados los proyectos, dedicaré un espacio para la reflexión sobre los alumnos, que son los principales protagonistas del proceso educativo y a los cuales va dirigido nuestro mensaje o proyecto didáctico (Figura 6). Por último, el espacio más extenso se dedicará a la reflexión sobre la función del docente, que es el otro agente protagonista del proceso educativo. Aunque he separado los tres componentes (mensaje, docente y alumnado) para tratar de facilitar la comprensión de mis reflexiones, la relación entre todos ellos es evidente y necesaria para que tenga lugar el proceso educativo.

4.1. Los proyectos didácticos

En relación a los proyectos didácticos incluidos en esta memoria, son varios los aspectos que considero interesante analizar más a fondo después de mi experiencia en el Practicum. En primer lugar, respecto al Proyecto de Innovación sobre presión y principios de la hidrostática, su implementación en el colegio Salesiano me ha ofrecido abundante material para la reflexión. A pesar de que se cumplió el objetivo general del proyecto, que era que los alumnos relacionaran las leyes y principios físicos con distintos fenómenos cotidianos para favorecer su comprensión, aprecié algunos aspectos que podrían mejorarse. Fue evidente que los experimentos ilustrativos aumentaron el interés de los alumnos durante la clase. Sin embargo, el hecho de que varios experimentos fueran realizados a modo de demostración, sin la participación activa de todos los alumnos, pudo disminuir su eficacia.

Tal y como se deduce de los cuestionarios finales, algunos alumnos mostraron resistencia a modificar sus ideas previas a pesar de que se habían realizado experimentos específicos para ello. Por tanto, tal vez habría sido más conveniente que realizaran los experimentos ellos mismos. Una posible modificación de la propuesta podría ser llevar más material al aula para que los alumnos pudieran trabajar los experimentos en pequeños grupos. No obstante, hay que tener en cuenta que en ese caso se requeriría más tiempo para desarrollar la propuesta y también sería más complicado para un solo docente atender a todos los alumnos, por lo que habría que establecer un balance adecuado para llegar a la solución óptima.

Otro aspecto que habría que considerar es si la temporalización de la propuesta es adecuada, ya que se necesitaron un total de siete sesiones para desarrollarla. Aunque es cierto que podría haber empleado una o incluso dos sesiones menos, mi tutor me concedió libertad para desarrollar mi proyecto de forma pausada y empleando todo el tiempo que considerara necesario. Una posible manera de disminuir el número de sesiones sería realizar el cuestionario de ideas previas al finalizar alguna sesión de otro tema o incluso al inicio del curso, ya que se trata de un cuestionario breve que puede ser realizado en 20-30 minutos.

En segundo lugar, respecto al Proyecto didáctico sobre la química del carbono, resulta más complejo discutir acerca de su idoneidad porque no ha sido llevado a la práctica. En un primer momento me planteé como objetivo general que los alumnos aumentaran su conocimiento sobre la química del carbono. Sin embargo, tras reflexionar sobre las distintas actividades que quería incluir, pensé que ese objetivo podía ser ampliado para aprovechar todo el potencial que ofrecían y darle un mayor interés al proyecto. Así, el objetivo ya no sólo sería que los alumnos comprendieran la química del carbono, sino cambiar sus percepciones negativas sobre la química a través de ese conocimiento.

El planteamiento de ese objetivo de carácter más general me permitió una mayor libertad a la hora de seleccionar los contenidos, de manera que omití todos aquellos que no consideré necesarios para la consecución del objetivo. Aunque la omisión de esos contenidos podría considerarse poco realista, en este caso era necesaria para dotar al proyecto de coherencia. Así, no se ha considerado necesario que un alumno sepa formular un ácido carboxílico para que cambie su percepción sobre la química. Por el contrario, sí se ha considerado necesario que conozca la existencia de distintos tipos de compuestos orgánicos para que comprenda la diversidad de estructuras y propiedades de las moléculas orgánicas. En cualquier caso, si se quisiera plantear una propuesta más ajustada al contenido curricular, sería suficiente con añadir todas aquellas sesiones que se consideraran necesarias para desarrollar, por ejemplo, la formulación orgánica o los tipos de reacciones orgánicas.

Otro apartado del Proyecto Didáctico sobre el que he reflexionado posteriormente es la evaluación. Cuando diseñé la propuesta hace ya dos meses me planteé que la evaluación también debía ser coherente y, por ello, incluí toda una serie de actividades como son la construcción de moléculas orgánicas sencillas con modelos moleculares, la realización de un muro colaborativo sobre la estación depuradora de aguas residuales, etc. Sin embargo, tras analizar detenidamente el proyecto para incluirlo en esta memoria, me queda la duda de si con esas actividades podría evaluar realmente la consecución del objetivo general (transmitir a los alumnos la importancia que tiene la química en nuestra vida cotidiana y en el desarrollo de una sociedad sostenible). Aunque las actividades planteadas permiten calificar a los alumnos en relación a los distintos contenidos del proyecto, tal vez no permitan evaluar si efectivamente se ha producido un cambio en su percepción sobre la química.

Es difícil evaluar si se ha producido un cambio en la mentalidad de los alumnos y en la percepción que tienen de la química y, a día de hoy, todavía no sé cuál sería la mejor manera de determinarlo. De todos modos, puesto que con el Proyecto de Innovación ya se vio que algunos alumnos se muestran resistentes a cambiar sus ideas previas, tal vez sería conveniente iniciar la propuesta en cursos anteriores, durante la Educación Secundaria Obligatoria. La experiencia en el Practicum me mostró que en primero de Bachillerato los alumnos tenían ya unas ideas bastante establecidas sobre la química, por lo que es posible que sus percepciones negativas sobre ella estuvieran muy asentadas. Por tanto, podría ser recomendable extender la propuesta también a cursos

anteriores, para que los alumnos tengan más tiempo para reflexionar y asimilar las ideas que se les quieren transmitir.

Concretamente, algunos aspectos de la propuesta podrían tratarse dentro de la asignatura de Tecnología que, en segundo de la ESO, incluye un bloque dedicado a procesos tecnológicos y sus repercusiones sociales y medioambientales. Ese punto podría aprovecharse para explicar la fabricación de materiales biodegradables. De esta manera, los alumnos entrarían en contacto con esos materiales en un curso más temprano y no en Bachillerato. Parte de la propuesta también podría desarrollarse en cuarto de la ESO, en la asignatura de Física y Química. Como ya se ha mencionado, ese curso incluye un apartado de “introducción a la química de los compuestos de carbono”, que suele ser obviado pero que podría ser aprovechado para introducir la química del carbono y aumentar la eficiencia de la propuesta.

En definitiva, como ha podido verse a lo largo de toda la memoria, los proyectos didácticos son fuente de numerosas reflexiones. No sólo exigen una reflexión inicial para su diseño, sino también una observación constante durante todo su desarrollo para valorar su idoneidad. Además, requieren también una consideración final para determinar si verdaderamente se han alcanzado los objetivos formulados o si, por el contrario, hay que replantearlos para futuras ocasiones.

4.2. El alumnado

La experiencia del Practicum no sólo me ha permitido matizar los proyectos didácticos que había planteado, sino también ganar conciencia acerca de la importancia del alumnado dentro del proceso didáctico. Debido a mi formación anterior, tenía una visión excesivamente simplista y consideraba que el aspecto fundamental de dicho proceso era el mensaje y que, cuanto mayor fuera el conocimiento científico del docente sobre el tema, mejor sería su transmisión. Sin embargo, ahora soy consciente de que son muchos más los aspectos a considerar, siendo el más importante el público al que está dirigido ese mensaje: el alumnado.

Aunque mi Proyecto de Innovación estaba diseñado para salvar las dificultades que suelen presentar los alumnos, durante el desarrollo de las sesiones surgieron dificultades adicionales que no había previsto y que tuve que solventar. Concretamente, mi propuesta estaba planteada de tal manera que los alumnos no tenían que usar su libro de texto ni copiar las definiciones incluidas en la presentación de PowerPoint. Sin embargo, pude apreciar que les generaba desasosiego no tener un texto que memorizar y solían pedir tiempo para copiar las diapositivas tras mis explicaciones. A pesar de que les indiqué repetidamente que no era necesario que lo hicieran, seguían insistiendo en copiar las diapositivas. Así que, finalmente, les dejé copiarlas para que se sintieran más seguros y poder avanzar sin problemas.

Otra dificultad que presentaron muchos alumnos se manifestó en los cuestionarios finales. Al corregirlos pude percibir que un porcentaje elevado de alumnos tenía

problemas para expresarse de forma escrita y, aunque en muchas respuestas podía intuirse lo que querían contestar, su manera de expresarse era bastante deficiente. En un primer momento, eso me llevó a cuestionarme si los alumnos habían comprendido verdaderamente las explicaciones, puesto que no parecían ser capaces de expresarlas de manera adecuada. Sin embargo, aunque es posible que en algunos casos ese fuera el verdadero problema de fondo, creo que en la mayoría de los casos se trataba de un problema “lingüístico” y no científico.

Los alumnos parecen estar acostumbrados a responder preguntas memorísticamente, transcribiendo de manera literal el contenido de sus libros de texto. Por ello, en un futuro, tal vez sería recomendable incluir en la propuesta pequeños ejercicios escritos en los que tuvieran que explicar, por ejemplo, en qué consiste cada uno de los experimentos realizados. De esta manera se verían obligados a cuestionar sus conocimientos y plasmarlos por escrito para entrenar su capacidad de razonamiento y de expresión escrita. Aunque es un aspecto que podría tratarse de manera más profunda dentro de la asignatura de Lengua y Literatura, es necesario que desarrollen esa habilidad también desde la Física y Química, ya que deben ser capaces de transmitir correctamente los conocimientos científicos adquiridos.

En definitiva, durante mi experiencia en el Practicum traté de adaptarme a las necesidades de los alumnos y tener en cuenta las particularidades de cada uno de ellos, ya que se trataba de un grupo bastante heterogéneo en cuanto a su rendimiento en Física y Química. Este es uno de los aspectos que más me ha aportado en lo que respecta a mi desempeño de la función docente porque, como ya he señalado, es la capacidad que tenía menos desarrollada.

4.3. El docente

Mi reflexión sobre las cualidades del docente es la más extensa, ya que todo lo aprendido durante el Máster me ha hecho matizar algunos de mis pensamientos iniciales sobre esta profesión.

El docente como guía

Aunque en la actualidad se está insistiendo en que el alumno debe ser protagonista de su propio aprendizaje, esto no debe dar lugar a la interpretación errónea de que el papel del docente es secundario. El aprendizaje activo se entiende en ocasiones de manera equivocada y se concede a los alumnos una independencia que no son capaces de gestionar. Sin embargo, como discutiré más adelante, considero que el docente debe guiar el proceso de aprendizaje y estar atento a las posibles dificultades porque no todos los alumnos responden del mismo modo.

En ese sentido, durante el Practicum pude ver que algunos alumnos respondían muy bien a las actividades de tipo cooperativo, en las cuales tenían que resolver problemas en grupo, pero otros no eran tan autónomos y necesitaban las indicaciones del profesor

para sentirse seguros y realizar la tarea. Si el docente no hubiera estado atento a esas necesidades o no las hubiese atendido, la metodología habría resultado un fracaso con ese grupo de alumnos en concreto. Así, aunque debe ofrecerse a los alumnos la posibilidad de construir su propio conocimiento, tiene que tratarse de un proceso siempre guiado por el docente.

La formación didáctica del docente

Además de atender las necesidades de los estudiantes durante la práctica en el aula, el docente tiene que tener los conocimientos científicos y didácticos necesarios para elaborar una propuesta adecuada para cada grupo de alumnos. Tal y como he podido comprobar, eso exige un esfuerzo considerable, especialmente si es la primera vez que se imparte la materia. El diseño de un proyecto didáctico es un proceso cuidadoso y meditado en el que deben tenerse en consideración no sólo los aspectos estrictamente curriculares sino también los aspectos de carácter didáctico.

Los aspectos didácticos pueden consultarse en las numerosas investigaciones existentes sobre didáctica de las ciencias en ESO y Bachillerato, que desconocía antes de comenzar el Máster y que me han resultado muy útiles durante el diseño del Proyecto de Innovación y el Proyecto Didáctico. Durante mi etapa de estudiante percibí la enseñanza de las ciencias como algo que permanecía inalterado en el tiempo y, por lo tanto, no me había planteado que se estuvieran realizando avances en ese campo. En consecuencia, el Máster me ha servido para considerar los aspectos didácticos de las ciencias y conocer todos esos recursos a los que debo recurrir durante la preparación de mis clases.

Es evidente entonces que, además de la formación académica en respectivos contenidos científicos, es altamente recomendable que los docentes tengan una formación en didáctica de las ciencias o que, al menos, conozcan de la existencia de esa disciplina para poder emplear los recursos disponibles cuando lo requieran.

Empleo de nuevas metodologías y trabajos prácticos en ciencias

Durante el Máster también he descubierto nuevas metodologías de enseñanza que no conocía o que nunca me había planteado aplicar. El desconocimiento de las potencialidades de esas metodologías hacía que no me sintiera segura planteándolas, por lo que es poco probable que las hubiera aplicado durante mi práctica docente. No obstante, en este punto me gustaría destacar que he apreciado que la posibilidad de implementar esas metodologías depende en gran medida del grupo de alumnos con el que se está trabajando. Durante el Practicum he observado grupos en los que creo que habría sido dificultoso emplear ciertas metodologías como, por ejemplo, la clase invertida. Se trataba de grupos en los cuales la implicación de los estudiantes con la materia era baja y que no realizaban de manera habitual las tareas que se planteaban en clase. En consecuencia, es esperable que esa metodología, que requiere que los alumnos vean los vídeos con el contenido teórico en sus casas, no hubiera funcionado.

Dentro de las metodologías y actividades para la enseñanza-aprendizaje de las ciencias que he podido conocer mejor, merecen especial atención los trabajos prácticos. Esos trabajos engloban las prácticas de laboratorio, experimentos ilustrativos, actividades complementarias o salidas fuera del centro y los experimentos a realizar por los alumnos fuera del aula. Desde una perspectiva constructivista, las prácticas de laboratorio sirven para que el alumnado construya su propio conocimiento por medio de la resolución de situaciones problemáticas. Además, tal y como pudimos ver durante el desarrollo de nuestras prácticas en la asignatura de “Diseño, organización y desarrollo de actividades para el aprendizaje de Física y Química”, esas situaciones problemáticas fomentan la curiosidad del alumnado y promueven el aprendizaje. También pudimos comprobar el papel fundamental que ejerce el docente que, como ya se ha mencionado, debe actuar como guía para que los alumnos no desarrollen ideas alternativas para resolver esas situaciones problemáticas.

Otro aspecto destacable de las prácticas de laboratorio es la oportunidad que ofrecen para aprender a través del tacto y la manipulación. Aunque se ha estudiado que muchos alumnos tienen un aprendizaje eminentemente visual y que las imágenes contribuyen a su construcción del conocimiento, también se ha detectado que a veces presentan dificultades para interpretar esas imágenes adecuadamente. En ese sentido, las prácticas ofrecen una buena oportunidad para que los alumnos toquen los objetos e instrumentos que han visto representados en sus libros de su texto y comprendan su funcionamiento. Por lo tanto, más allá del objetivo didáctico principal de cada práctica, la posibilidad de manejar los instrumentos de laboratorio puede fomentar el aprendizaje.

La reflexión acerca de las prácticas de laboratorio me ha servido para ser consciente de la importancia de fijar unos objetivos didácticos antes de proceder a su diseño. De lo contrario, existe el peligro de diseñar prácticas sin sentido didáctico o carentes de contenido. En mi opinión, en los niveles de Secundaria y Bachillerato debe existir siempre un contenido científico a desarrollar con cada práctica, por mínimo que sea, para aprovechar todo su potencial como facilitadoras del proceso de aprendizaje. En lo que a mí respecta, intentaré intercalar este tipo de actividades durante mi práctica docente siempre que sea posible, aunque sé que puede haber múltiples factores que lo dificulten (instalaciones deficientes, alumnado demasiado numeroso, etc.)

Al igual que sucede con las prácticas de laboratorio, los experimentos ilustrativos o experiencias de cátedra pueden favorecer el proceso de enseñanza-aprendizaje porque ofrecen a los alumnos la oportunidad de construir su propio conocimiento a través de experiencias reales. Sin embargo, en este caso, el fomento del aprendizaje puede no ser tan pronunciado como en las prácticas de laboratorio si no se permite la participación activa del alumnado. De nuevo, es muy importante el papel del docente como guía durante el proceso, porque la función didáctica de los experimentos ilustrativos se pierde si el profesor no los acompaña de las explicaciones adecuadas. Aunque algunos experimentos son sencillos y pueden interpretarse correctamente sin grandes explicaciones, otros son complejos y requieren del acompañamiento por parte del docente para garantizar su comprensión.

Bajo mi punto de vista, los experimentos ilustrativos son más sencillos de llevar al aula, independientemente de las características del centro. De hecho, aunque en un principio me despertaban cierta inquietud porque no sabía si funcionarían realmente, pude realizarlos durante mi Proyecto de Innovación y el resultado fue muy satisfactorio. La mayoría de los alumnos manifestaron que los experimentos les habían ayudado a comprender la teoría y que las clases les habían resultado más amenas que de costumbre. Por todo ello, seguiré utilizando experimentos ilustrativos y trataré de adaptarlos en la medida de lo posible para que la implicación del alumnado sea mayor.

Otro tipo de experiencias prácticas que hemos trabajado en el Máster son las planteadas para realizar por los alumnos fuera del aula, en sus propias casas. Esas prácticas pueden emplearse para abordar problemáticas muy diversas como, por ejemplo, las fuentes de error experimental. Al realizar un experimento de forma autónoma y enfrentarse a distintas dificultades, los alumnos pueden entender mejor el modo de proceder en el trabajo científico experimental. Además, al involucrarles en la obtención de los datos experimentales, se incrementa su compromiso con la tarea y su interés.

Finalmente, también he tenido la oportunidad de reflexionar acerca de las salidas o actividades complementarias realizadas fuera del centro escolar. Esa reflexión estuvo motivada por nuestra visita al espacio Experimentar, en el que se ofrecen a los alumnos diversas actividades relacionadas con la física y la química. Las explicaciones que acompañaban a cada una de las experiencias las dotaban de un sentido didáctico verdadero ya que, de no haberse realizado, se habría tratado de actividades meramente lúdicas. Por lo tanto, al igual que sucede con el resto de trabajos prácticos, este tipo de actividades pueden ser muy interesantes si se trabajan de la manera adecuada y se cuenta con un referente al que recurrir cuando surgen dudas. De nuevo, es fundamental el papel del docente como guía del proceso educativo.

Sin lugar a dudas, el haber adquirido un conocimiento más profundo sobre las distintas metodologías y actividades que se pueden emplear para la enseñanza-aprendizaje de las ciencias me ha servido para acabar con algunos prejuicios que tenía sobre ellas y convencerme de que su empleo puede tener efectos beneficiosos.

Las habilidades comunicativas del docente

Aunque en esta memoria no se ha incluido el trabajo correspondiente, durante el Máster he cursado la asignatura optativa “Habilidades comunicativas para profesores”, que me resultó muy interesante para considerar diversos aspectos relativos a la comunicación en el aula y que hasta ese momento no había tenido en cuenta. El análisis detallado de una de las sesiones que impartí durante el Practicum me hizo ser consciente de que un docente no solo debe controlar su lenguaje verbal sino también el no verbal para favorecer el proceso de enseñanza-aprendizaje.

En mi caso puse en práctica diversas estrategias para favorecer la comprensión y el interés de los alumnos como, por ejemplo, la realización de experimentos ilustrativos.

Además intenté que la interacción con los alumnos fuera constante e interrumpí mis explicaciones siempre que fue necesario. Sin embargo, mi lenguaje verbal no fue del todo adecuado y es el aspecto que más debo mejorar de cara a mi futuro como docente. Mi postura corporal y tono de voz me hacían parecer insegura aunque no lo estuviera y por lo tanto debería corregirlos porque, tan importante como el mensaje, es cómo se transmite ese mensaje.

De todo esto se deduce que son muchos los aspectos a considerar a la hora de ejercer la docencia y son diversas las habilidades que debe desarrollar el docente. Algunas de ellas pueden trabajarse de forma autónoma y mediante estudios especializados como este Máster mientras que otras, como las habilidades comunicativas o la seguridad a la hora de aplicar nuevas metodologías, se desarrollan en gran medida durante la propia práctica docente.

5. Conclusiones

Una vez analizadas las reflexiones que ha motivado mi paso por el Máster, en este apartado se incluyen las conclusiones finales que se extraen de todas ellas. Esas reflexiones me han ayudado a construir mi perfil docente que, aunque evidentemente es susceptible de evolucionar con el paso de los años, se asienta sobre unas consideraciones fundamentales que son las siguientes:

- Como futura docente, soy consciente de que debo tener un conocimiento profundo sobre la materia a impartir, en este caso Física y Química. Eso supone hacer una revisión completa de todos los conocimientos que creía afianzados para comprobar si efectivamente lo están o si, por el contrario, poseo ideas alternativas que podría transmitir a mis alumnos. Esa revisión, aunque compleja en un inicio, me servirá para fundamentar mis clases sobre una base científica sólida y favorecer el proceso de enseñanza-aprendizaje de la materia.
- Además de esos conocimientos puramente científicos, debo adentrarme también en la didáctica de las ciencias, disciplina que he conocido gracias a este Máster. Como se ha analizado a lo largo de la memoria, a la hora de plantear un proyecto es importante conocer las ideas previas de los alumnos y las dificultades más frecuentes que pueden encontrarse. Sólo de este modo se diseñará una propuesta adecuada a las necesidades de los alumnos, que son el elemento fundamental del proceso didáctico y a los cuales está dirigida nuestra función docente. Ese requisito me exigirá a su vez una actualización constante, ya que la sociedad está en cambio permanente y del mismo modo lo están las investigaciones en el ámbito de la educación.

- En esa consideración de las características del alumnado deberé tener en cuenta las particularidades de cada estudiante, porque mi propuesta debe satisfacer las necesidades de todos y cada uno de ellos. Eso implica atender a los distintos ritmos de aprendizaje e inteligencias que pueden presentar los alumnos. Así, recurriré al empleo de diversas metodologías y actividades para transmitir el mensaje didáctico al mayor número de alumnos posible.
- En relación a lo anterior, trataré de que mis clases tengan un carácter práctico notable ya que, como he observado, la participación activa de los alumnos favorece el aprendizaje. Aprovechando que el Máster me ha permitido ganar confianza a la hora de llevarlos a la práctica, continuaré empleando todos los experimentos ilustrativos que puedan resultar adecuados para la enseñanza de la Física y Química. Asimismo, también trataré de implementar otro tipo de trabajos prácticos como son las prácticas de laboratorio o las actividades a realizar fuera del centro (visitas a espacios didácticos, museos de la Ciencia, etc.)
- Además de atender a sus características cognitivas, tal y como he aprendido de mi tutor durante el Practicum, deberé mostrarme paciente con algunos comportamientos de los alumnos ya que, si bien es evidente que deben cumplir las normas de convivencia básicas, sus comportamientos están influenciados por la etapa de desarrollo en la que se encuentran. La adolescencia es un etapa evolutiva que implica múltiples cambios a nivel cognitivo y también emocional y, por lo tanto, debo mostrarme comprensiva ante conductas que, desde mi perspectiva de adulta, pueden parecerme inapropiadas.
- Por último, también será importante para mi futuro desempeño docente el desarrollo de mis habilidades comunicativas. No sólo debo prestar atención a que el contenido de mis clases sea adecuado para favorecer la comprensión sino que las estrategias comunicativas empleadas, tanto verbales como no verbales, también tienen que ir en consonancia. Los alumnos son especialmente sensibles a las contradicciones mostradas por el docente y, por lo tanto, debo mantenerme coherente en ese sentido. Así, por ejemplo, no sirve de nada que intente transmitir calma a mis alumnos si luego doy las clases a un ritmo exageradamente rápido o que les diga que soy comprensiva si luego no atiendo a sus peticiones. Aunque muchos de esos aspectos pueden entrenarse, el desarrollo de todas esas habilidades se produce también durante la propia práctica docente, por lo que espero ir mejorándolas con la experiencia.

Puesto que todas estas consideraciones han estado propiciadas por mi paso por el Máster de profesorado, en el caso de no haberlo cursado, no me habría cuestionado el tipo de docente que quiero ser. Por ello considero que es fundamental cursar un Máster de este tipo antes de ejercer la docencia. Personalmente, todas estas reflexiones y la

experiencia en el centro educativo me han servido para considerar la función docente con un respeto todavía mayor. En consecuencia, si en el futuro tengo la oportunidad de ejercer la docencia, asumiré el reto con una enorme responsabilidad y siendo consciente de todo lo que implica.

6. Bibliografía

- Ausubel, D. Novak, J. y Hanesian, H. (1983). *Psicología educativa. Un punto de vista cognoscitivo*. México: Trillas.
- Caamaño, A. (2003). Los trabajos prácticos en ciencias, en Jiménez Aleixandre, M.P. (coord.): *Enseñar ciencias*, 95-118. Barcelona: Graó.
- Calvo-Flores, F. G. e Isac, J. (2013). Introducción a la química de los polímeros biodegradables: una experiencia para alumnos de segundo ciclo de la ESO y Bachillerato. *Anales de Química*, 109(1), 38-44.
- Cascarosa-Salillas, E., Fernández-Álvarez, F. J. y Santiago, F. J. (2018). Un estudio del uso de modelos moleculares en la didáctica del enlace covalente en bachillerato. *Reidocrea*, 7(16), 179-189.
- Chamizo, J. A. (2011). La imagen pública de la Química. *Educación Química*, 22(4), 320-331.
- De Pro, C. (2012). La presión, una unidad didáctica para 4º de la ESO. *Alambique: Didáctica de las ciencias experimentales*. 71, 22-33.
- Fernández Uría, E. (1979). *Estructura y Didáctica de las Ciencias*. Servicio de Publicaciones del Ministerio de Educación.
- Fernández, J.M. (1985). Causas de las dificultades de aplicación del teorema de Arquímedes por los alumnos de Enseñanza Media. *Enseñanza de las ciencias*, 3(3), 185-187.
- Furió Gómez, C., y Furió Más, C. (2016). Dificultades conceptuales y epistemológicas de futuros profesores de Física y Química en las explicaciones energéticas de fenómenos físicos y químicos. *Enseñanza de las ciencias. Revista de investigación y experiencias didácticas*, 34(3), 7-24.
- García-Carmona, A. (2009). Aprendiendo hidrostática mediante actividades de investigación orientada: Análisis de una experiencia con alumnos de 15-16 años. *Enseñanza de las ciencias*, 27(2), 273-286.
- García Salinas, M. J. (2016). *Metodología docente aplicada a la formulación: jugando con la química del carbono*. (Trabajo Fin de Máster, Universidad de Almería). Recuperado de http://repositorio.ual.es/bitstream/handle/10835/6051/10592_Trabajo%20Fin%20

de%20M%C3%A1ster_Marina_L%C3%B3pez_Garc%C3%ADa.pdf?sequence=1
&isAllowed=y

- Garritz, A. (2011). La celebración del año internacional de la química: Las contribuciones de la Química al bienestar de la humanidad. *Educación Química*, 22(1), 2-7.
- Gomollón Bel, F. y García Laureiro, J. I. (2018). Adopta tu molécula. *Suplemento Tercer Milenio, Heraldo de Aragón*. Recuperado de <https://www.heraldo.es/noticias/sociedad/2018/05/17/reto-quimico-amarga-terapeutica-1244132-310.html>.
- Gutiérrez, R. (1989). Psicología y aprendizaje de las ciencias. El modelo de Gagné. *Enseñanza de las ciencias*, 7(2), 147-157.
- Kariotogloy, P., Koumaras, P. y Psillos, D. (1993). A constructivist approach for teaching fluid phenomena. *Physics education*, 28(3), 164-169.
- Kind, V. y Kind, PM. (2011). Beginning to teach Chemistry: how personal and academic characteristics of pre-service science teachers compare with their understandings of basic chemical ideas. *International Journal of Science Education*, 33(15), 2123-2158.
- Ley Orgánica 8/2013, de 9 de diciembre, para la mejora de la calidad educativa (LOMCE).
- Mascarell Borreda, L. y Vilches Peña, A. (2016). Química verde y sostenibilidad en la educación en ciencias en secundaria. *Enseñanza de las ciencias*, 34(2), 25-42.
- Mazzitelli, C., Maturano, C., Núñez, G. y Pereira, R. (2006). Identificación de dificultades conceptuales y procedimentales de alumnos y docentes de EGB sobre la flotación de los cuerpos. *Revista Eureka sobre enseñanza y divulgación de las ciencias*, 3(1), 33-50.
- Mondelo Alonso, M., García Barros, S. y Martínez Losada, C. (1994). Materia inerte/materia viva. ¿Tienen ambas constitución atómica? *Enseñanza de las ciencias*, 12(2), 226-233.
- Oliva, J.M., Aragón, M.M., Bonat, M. y Mateo, J. (2003). Un estudio sobre el papel de las analogías en la construcción del modelo cinético-molecular de la materia. *Enseñanza de las Ciencias*, 21(3), 429-444.
- Orden ECD/489/2016, de 26 de mayo, por la que se aprueba el currículo de la Educación Secundaria Obligatoria y se autoriza su aplicación en los centros docentes de la Comunidad Autónoma de Aragón.
- Orden ECD/494/2016, de 26 de mayo, por la que se aprueba el currículo del Bachillerato y se autoriza su aplicación en los centros docentes de la Comunidad Autónoma de Aragón.

- Pinto, G. (2013). *Didáctica de la Química y vida cotidiana*. Sección de publicaciones de la Escuela Técnica Superior de Ingenieros Industriales. Universidad Politécnica de Madrid: Madrid.
- Román Carracedo, R. (2018). *La química del carbono como unidad didáctica*. (Trabajo Fin de Máster, Universidad de Valladolid). Recuperado de <https://uvadoc.uva.es/bitstream/10324/31202/1/TFM-G828.pdf>
- Shulman, L.S. (1986). Those who understand: Knowledge growth in teaching. *Educational Researcher*, 15 (2), 4-14.
- Sinarcas, V. y Solbes, J. (2016). Dificultades en el aprendizaje y la enseñanza de la física cuántica en Bachillerato. Enseñanza de las ciencias. *Revista de investigación y experiencias didácticas*, 31(3), 9-25.
- Tipler, P. A. (2003). *Física para la ciencia y la tecnología*. Barcelona: Reverté.
- Tippins, D. J., Nichols, S. E. y Kemp, A. (1999). *Cultural myths in the making: The ambiguities of science for all*. Paper presented at the Annual Meeting of the National Association for Research in Science Teaching. Boston, MA.
- Wheeldon, R. (2017). Improving preservice chemistry teachers' content knowledge through intervention activities. *International Journal of Science Education*, 39(9), 1238-1261.

7. Anexos

A continuación se incluyen como Anexos los dos proyectos incluidos en este Trabajo Fin de Máster:

- Anexo I: Proyecto de Innovación Docente
- Anexo II: Proyecto Didáctico sobre Química del Carbono

Anexo I

PROYECTO DE INNOVACIÓN DOCENTE

**Introducción a la presión y los principios de
la hidrostática mediante una secuencia
didáctica con experimentos ilustrativos**

Introducción a la presión y los principios de la hidrostática mediante una secuencia didáctica con experimentos ilustrativos

Violeta Calvo Sein-Echaluze. Especialidad de Física y Química.

Introducción

De acuerdo a las orientaciones metodológicas establecidas para la materia de Física y Química durante la etapa de ESO que figuran en la Orden ECD/489/2016, durante su enseñanza debe favorecerse la aproximación de los adolescentes a la ciencia para que aprecien su valor y sus implicaciones en la vida diaria. Para ello, además de trabajar los aspectos de manera teórica, se plantea una enseñanza basada en la experiencia y en la que se desarrolle la dimensión práctica de la Física y Química. Al ser una materia de carácter altamente empírico, se considera que el fomento del carácter manipulativo y la realización de trabajos prácticos pueden contribuir a mejorar la comprensión de los conceptos más complejos y, al mismo tiempo, incrementar la motivación del alumnado.

Esas orientaciones metodológicas se basan en las investigaciones realizadas por diversos autores. Por ejemplo, Caamaño (2003) identificó los trabajos prácticos como una de las actividades más importantes en la docencia de las ciencias. Del mismo modo, numerosos investigadores han destacado la utilidad de esos trabajos en la enseñanza de las ciencias, especialmente cuando la finalidad es que el alumnado sea capaz de explicar fenómenos cotidianos utilizando los modelos y teorías científicas (Sanmartí, Márquez y García Rovira, 2002). Por el contrario, los trabajos prácticos resultarían poco adecuados en el caso de que se busque una reproducción memorística de los conceptos explicados.

Por lo tanto, de acuerdo a las indicaciones del currículo y teniendo en cuenta las investigaciones al respecto, en este trabajo se describe la metodología empleada para tratar los contenidos relativos a “presión” y “principios de la hidrostática”, que se encuentran dentro del temario de Física y Química de 4º de la ESO. Dicha metodología consistió en la realización de experimentos ilustrativos (o experiencias de cátedra) intercalados con las explicaciones teóricas.

El objetivo principal de los experimentos ilustrativos fue que los alumnos relacionaran las leyes y principios físicos con distintos fenómenos cotidianos para, de este modo, favorecer su comprensión. Para evaluar la consecución de dicho objetivo se realizó a los alumnos una prueba inicial sobre conocimientos previos y una prueba final y se compararon sus resultados. Como objetivo adicional, con esta metodología se pretendía aumentar la motivación del alumnado hacia el aprendizaje de las ciencias; aspecto que fue evaluado por medio de una encuesta de satisfacción al finalizar las sesiones. A partir del análisis de los resultados obtenidos tratará de determinarse si la metodología aplicada resultó conveniente para mejorar la comprensión del tema y si resultó satisfactoria para el alumnado.

Fundamentación teórica

La propuesta metodológica consistió en la realización de experimentos ilustrativos intercalados con las explicaciones teóricas sobre presión y principios de la hidrostática. Dicha propuesta está basada en las investigaciones de diversos autores, que defienden que los trabajos prácticos (categoría dentro de la que se engloban los experimentos ilustrativos) ejercen una función relevante dentro del aprendizaje de las ciencias. Así,

Caamaño (2003) considera que los trabajos prácticos permiten alcanzar múltiples objetivos como pueden ser: interpretar fenómenos cotidianos, aprender a manejar técnicas e instrumentos de laboratorio o aplicar estrategias de investigación para la resolución de problemas. Adicionalmente, se cree que estos trabajos podrían favorecer la motivación del alumnado.

Para esta propuesta se seleccionaron trabajos prácticos que, de acuerdo a la clasificación realizada por Caamaño (2003), pueden definirse como experimentos ilustrativos porque están destinados a demostrar principios o relaciones entre variables (en este caso, principio fundamental de la hidrostática, principios de Pascal y de Arquímedes y relación entre fuerza y presión). La elección de este tipo de trabajos prácticos y no otros, como las investigaciones, respondió a un motivo fundamental. El grupo de alumnos mostraba dificultades para trabajar de manera autónoma, por lo que se consideraron más adecuados los experimentos ilustrativos, que requieren una menor autonomía por parte del alumnado. Sin embargo, a pesar de su valor formativo, estos experimentos no suelen realizarse porque suponen una inversión considerable de tiempo e incluso también de dinero (Caamaño, 2003). Por todo ello, en este caso se plantearon experimentos que podían ser realizados con materiales fácilmente disponibles (plastilina, jeringas, globos y botellas de plástico).

Además de considerarse el coste económico, para el diseño de los experimentos se tuvieron en cuenta los conocimientos previos e ideas alternativas de los alumnos, así como los conceptos que de manera clásica les resultan más complejos desde el punto de vista cognitivo. Las ideas alternativas relativas a la presión y la hidrostática han sido extensamente analizadas durante las últimas décadas, llegándose a la conclusión de que algunas de las concepciones previas más frecuentes son: la presión es un término sinónimo de fuerza, la presión en los líquidos sólo actúa verticalmente y hacia abajo, la presión hidrostática ejercida por un fluido en el fondo de un recipiente depende de la forma de dicho recipiente (paradoja hidrostática) y el volumen de líquido desplazado por un cuerpo sumergido depende de la forma, la masa o la densidad del sólido, pero no de su volumen (Fernández, 1985; García-Carmona, 2009; Kariotogloy, Koumaras y Psillos, 1993; Mazzitelli *et al.*, 2006).

Siguiendo lo descrito por García-Carmona (2009), para la determinación de los conocimientos e ideas previas de los alumnos se diseñó un cuestionario con preguntas sobre algunos de los principales conceptos a tratar durante las sesiones teóricas. Ese cuestionario fue corregido aplicando una rúbrica que tiene en cuenta los niveles de conocimiento declarativo definidos por Oliva *et al.* (2003): nivel 1 (respuesta en blanco), nivel 2 (respuesta incorrecta porque es confusa o no aplica los conceptos adecuados), nivel 3 (respuesta en la línea adecuada, pero incompleta o con imprecisiones) y nivel 4 (respuesta correctamente justificada).

Tras realizar el cuestionario inicial, la secuencia de enseñanza se llevó a cabo considerando las investigaciones didácticas de García-Carmona (2009) y De Pro (2012) y, en menor medida, el orden seguido en el libro de texto de referencia (Edebé, 2016). Según esas investigaciones es recomendable comenzar la secuencia explicando el concepto de presión con objetos sólidos antes de describir el concepto de presión hidrostática. Posteriormente pueden explicarse los principios de Pascal y Arquímedes y finalizar con el concepto de presión atmosférica. Por lo tanto, las sesiones teóricas y experimentos ilustrativos se realizaron de acuerdo a esa secuencia conceptual. Después de las sesiones teórico-prácticas se aplicó un cuestionario final para determinar el nivel de los conocimientos adquiridos y comprobar si se había producido algún cambio con

respecto a los conocimientos iniciales. De nuevo, para la corrección del cuestionario se aplicó una rúbrica que contemplaba los niveles de conocimiento establecidos por Oliva *et al.* (2003). Por último, también se realizó a los estudiantes un cuestionario para conocer los aspectos mejor y peor valorados de la secuencia didáctica y poder determinar su satisfacción con lo aprendido.

Metodología


Una vez analizados los referentes teóricos empleados para el diseño y evaluación de la metodología propuesta, en este apartado se describe en detalle la secuencia didáctica empleada. La propuesta se implementó dentro de la asignatura de Física y Química en 4º de la ESO y el grupo con el que se trabajó estaba compuesto por 19 alumnos y 10 alumnas con un grado de motivación por el aprendizaje de la Física bastante heterogéneo. A partir de la observación del grupo pudo deducirse que aproximadamente dos tercios de los alumnos mostraban una motivación media por el aprendizaje (e incluso media-alta en algunos casos), mientras que los demás mostraban una motivación media-baja. Es por eso que, además de promover la comprensión de conceptos físicos por parte de los alumnos, se pretendió aumentar su motivación por el aprendizaje de las ciencias. Para ello se realizaron las siete sesiones (de aproximadamente 50 minutos de duración) que se describen a continuación.

Sesión 1

En esta sesión se realizó a los alumnos el cuestionario descrito en la Tabla 1, que contiene cuatro preguntas para determinar sus conocimientos previos e identificar ideas alternativas. El cuestionario se realizó como si de un examen se tratara, colocando a los estudiantes de manera individual y evitando que interaccionaran entre ellos. En relación a las preguntas del cuestionario, la pregunta 1 permite apreciar si los alumnos emplean los términos de presión y fuerza y si reconocen que existe presión sobre el fondo de un recipiente que contiene un fluido (bañera con agua). En el caso de utilizar el término de presión, es interesante observar si lo distinguen de la fuerza o si, por el contrario, los usan de manera indistinta (Besson, 2004).

Tabla 1
Cuestionario inicial

Pregunta 1	Señala en qué situación cuesta menos quitar el tapón de la bañera: A. Cuando la bañera está llena de agua B. Cuando la bañera está vacía ¿A qué crees que se debe?
Pregunta 2	Se realizan dos agujeros (A y B) en una botella completamente llena de agua y a la cual se le ha quitado el tapón. ¿Cuál será la trayectoria aproximada del agua que sale por cada agujero? Dibuja ambas trayectorias sobre la imagen siguiente.

	 <p data-bbox="478 470 1117 515">Explica por qué has dibujado así las trayectorias.</p>
<p data-bbox="236 537 383 582">Pregunta 3</p>	<p data-bbox="478 537 1340 649">Cuando se sumerge un objeto dentro de un vaso completamente lleno de agua, parte del agua contenida en el vaso se derrama. ¿Por qué?</p>
<p data-bbox="236 683 383 728">Pregunta 4</p>	<p data-bbox="478 683 1276 761">Señala en cuál de las siguientes situaciones se derramará una mayor cantidad (o volumen) de agua:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li data-bbox="534 772 1356 862">A. Se sumerge completamente una bola de hierro (de masa 200 gramos) en un vaso con 200 ml de agua <li data-bbox="534 862 1356 952">B. Se sumerge completamente una bola de plastilina (de masa 50 gramos) en un vaso con 200 ml de agua <p data-bbox="478 974 1276 1041">Nota: las dos bolas son totalmente esféricas y tienen el mismo radio</p> <p data-bbox="478 1064 750 1097">Justifica tu respuesta</p>

La pregunta 2 sirve para determinar si reconocen que un fluido no sólo ejerce una fuerza sobre el fondo del recipiente que lo contiene, sino también sobre las paredes del recipiente, que están sometidas por tanto a una presión. En este sentido, se ha visto que es frecuente que los alumnos consideren que la presión solo existe en el fondo del recipiente pero no en las paredes del mismo (Kariotogloy, Koumaras y Psillos, 1993). Además, con esta pregunta también se puede apreciar si son capaces de razonar acerca de la relación existente entre la presión y la profundidad.

En cuanto a la pregunta 3, está diseñada para ver si los alumnos emplean el concepto de volumen, ya que se ha observado que tienden a relacionar el volumen de fluido desplazado por un cuerpo sumergido con la masa o la densidad del cuerpo pero no con su volumen (Fernández, 1985). En la misma línea, la pregunta 4 sirve para verificar si conocen qué es lo que determina el volumen de fluido desplazado cuando se sumerge un cuerpo.

Sesión 2

La segunda sesión incluyó una explicación inicial sobre el concepto de presión, que se define como la relación que existe entre una fuerza y la superficie sobre la que se aplica o, lo que es lo mismo, como la fuerza por unidad de superficie (Tipler, 2003). Teniendo en cuenta las exigencias cognitivas de los conocimientos que describe De Pro (2012), para profundizar en el concepto de presión se emplearon ejemplos con sólidos porque resultan más sencillos. Esta propuesta es compartida por García-Carmona (2009), que también considera más adecuado comenzar el análisis de la presión con objetos sólidos. Concretamente, se realizó un breve experimento ilustrativo con

plastilina para observar los distintos efectos que produce una misma fuerza en función de la superficie sobre la que se aplica (Figura 1A). Se aplicó una fuerza con la yema del dedo y, a continuación, se aplicó esa misma fuerza con toda la superficie del dedo para que los alumnos vieran que el efecto producido era diferente debido a la diferencia de presión.

Una vez introducido el concepto de presión de forma cualitativa, se resolvió de manera colectiva un problema en el que había que calcular la presión ejercida sobre la nieve por un esquiador con esquís y la ejercida por el mismo esquiador sólo con botas. Por último, se realizó un experimento ilustrativo con globos y chinchetas (ver preparación en el Anexo I.3) para verificar que la presión es mayor cuanto más pequeña es la superficie sobre la que actúa una fuerza (Figura 1B). El experimento se realizó con ayuda de un estudiante voluntario y se procedió de la siguiente forma:

1. Se colocó un globo hinchado sobre un soporte con una sola chincheta, con cuidado de no ejercer ninguna fuerza sobre él.
2. Se dispuso un diccionario sobre el globo para ver cómo se pinchaba al aplicar la fuerza, en este caso, el peso del diccionario.
3. Se colocó un globo nuevo sobre el soporte con múltiples chinchetas y se observó cómo, al poner encima el mismo diccionario que antes, en este caso el globo no se pinchaba porque la fuerza estaba distribuida sobre una mayor superficie (menor presión).
4. Se dispusieron un total de tres diccionarios sobre el globo y se observó que, aun así, el globo no se pinchaba.

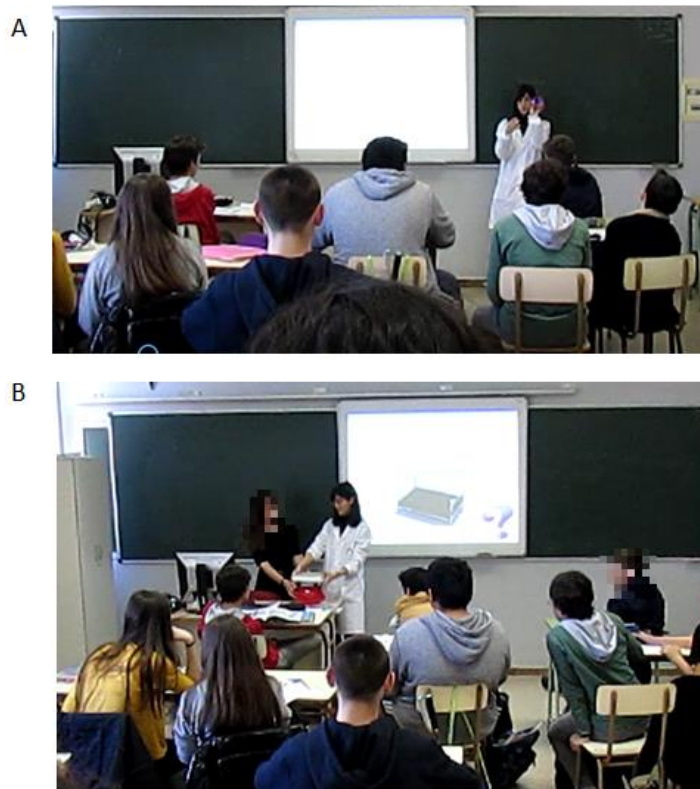


Figura 1. Experimentos ilustrativos de la sesión 2. A) Visualización de la relación $P=F/S$ con plastilina. B) Visualización de la relación $P=F/S$ con globos y chinchetas.

Sesión 3

La tercera sesión comenzó con una explicación acerca de las fuerzas que ejercen los fluidos sobre los recipientes que los contienen, insistiendo en que dichas fuerzas son perpendiculares a todas las superficies. Los alumnos debían comprender que las fuerzas que ejercen los fluidos no actúan sólo sobre el fondo de los recipientes sino también sobre sus paredes laterales.

Para comprobar que los fluidos ejercen fuerzas sobre las paredes de los recipientes se realizó un experimento ilustrativo con una botella de agua a la cual se había realizado previamente un agujero (ver preparación en Anexo I.3) siguiendo estos pasos (Figura 2):

1. Se mostró a uno de los alumnos el agujero de la botella para que verificara su presencia.
2. Manteniendo el tapón colocado, se levantó la botella para que los alumnos comprobaran que, a pesar de haber un agujero, el agua no salía por él debido a la acción de la presión atmosférica externa.
3. Se quitó el tapón de la botella y se comprobó que el agua no caía resbalando por la pared sino que salía propulsada, describiendo una trayectoria parabólica debido a la presencia de fuerzas perpendiculares a las paredes de la botella.

Tras el experimento se realizó una discusión acerca de lo observado y se explicó la presión que existe en un fluido, deduciendo para ello la ecuación general de la hidrostática ($p=h \cdot g \cdot d$). Después se analizó detenidamente la expresión para que los alumnos comprobaran que la presión hidrostática en un punto sólo depende de su profundidad, de la gravedad y de la densidad del líquido. Para ilustrarlo se debatieron los siguientes casos: ¿cuál es la presión existente en dos puntos situados a la misma altura en dos vasos comunicantes de distinta forma? (paradoja hidrostática) y ¿cuáles serían las trayectorias descritas por el agua si se hicieran tres agujeros a distintas alturas en una botella?



Figura 2. Experimento ilustrativo de la sesión 3. Comprobación de las fuerzas que ejerce un líquido en las paredes de un recipiente.

Sesión 4

La cuarta sesión comenzó con un repaso del concepto de presión hidrostática por medio de la simulación “bajo presión” de la Universidad de Colorado (<https://phet.colorado.edu/es/simulation/under-pressure>). Con el manómetro virtual de

esta simulación se comprobó que la presión hidrostática en un fluido depende de la profundidad. También se comprobó que la presión hidrostática en el seno de un fluido es mayor cuanto más elevada es la densidad y que, para un punto localizado a la misma profundidad en dos vasos comunicantes con distinta forma, la presión hidrostática es la misma.

A continuación se explicó el principio de Pascal, que establece que la presión aplicada a un líquido encerrado en un recipiente se transmite por igual a todos los puntos del fluido (Tipler, 2003) y se expuso una de sus aplicaciones: el elevador o prensa hidráulica. Para ello se empleó un experimento ilustrativo con dos jeringas de distintos diámetros unidas por una goma (Anexo I.3). Se explicó a los alumnos que en realidad las jeringas deberían estar rellenas de líquido (fluido incompresible) y no de aire, pero que se eligió esta última opción para evitar derrames accidentales. Después se solicitó a varias parejas de alumnos que eligieran una jeringa y que empujaran los émbolos para tratar de desplazar todo el aire contenido en ellas. De este modo los alumnos podían apreciar que, independientemente de quién aplicase la fuerza, siempre se conseguía desplazar antes el aire contenido en la jeringa pequeña (Figura 3).



Figura 3. Experimento ilustrativo de la sesión 4. Comprobación de la ley de Pascal mediante una prensa hidráulica adaptada.

Sesión 5

La sesión comenzó con la resolución de las dudas relativas al principio de Pascal y con la explicación del principio de Arquímedes, según el cual todo cuerpo sumergido en un fluido experimenta un empuje (fuerza vertical y ascendente) que es igual al peso del fluido desalojado. Debido a las ideas previas que suelen tener los alumnos a este respecto (Fernández, 1985), se insistió en que el empuje no depende de la profundidad a la que está sumergido el cuerpo sino únicamente del volumen de cuerpo que está sumergido en el fluido.

Para mostrar los principios de Arquímedes y Pascal se recurrió al experimento ilustrativo conocido como “ludión” o “diablillo de Descartes” (Anexo I.3), que se realizó como sigue (Figura 4):

1. Se enseñó a los alumnos el diablillo y se les explicó cómo estaba construido.
2. Se les preguntó qué creían que iba a suceder al presionar la botella:
 - a. El diablillo sube: fue la opción elegida por 17 alumnos.
 - b. El diablillo baja: 9 alumnos.
 - c. El diablillo no se mueve: 3 alumnos.
3. Se presionó la botella para que los alumnos vieran cómo el diablillo bajaba.
4. Se repartieron tres botellas con sendos diablillos entre los alumnos para que, en grupos de 3-4, pudieran analizar el fenómeno detalladamente.



Figura 4. Experimento ilustrativo de la sesión 5. Comprensión de los principios de Pascal y Arquímedes mediante el “Diablillo de Descartes”

La sesión finalizó con una explicación detallada del experimento. Al ejercer una fuerza sobre la botella, de acuerdo al principio de Pascal, la presión se transmite a todos los puntos del fluido y el agua entra en el diablillo. Según el principio de Arquímedes, el diablillo está experimentando un empuje igual al peso del fluido desalojado pero, al aumentar la presión en el interior de la botella, entra agua en el diablillo y aumenta su peso. En ese momento el peso del diablillo es mayor que el empuje y por eso desciende al fondo de la botella.

Sesión 6

La primera parte de la sesión se dedicó a repasar el principio de Arquímedes recordando el experimento del “diablillo de Descartes”. Se insistió de nuevo en que el valor del empuje no depende de la profundidad a la que se encuentra el cuerpo y que el volumen de fluido desalojado por un cuerpo es equivalente a su propio volumen.

La segunda parte se dedicó a explicar la presión atmosférica y la determinación del valor de la presión atmosférica mediante el experimento de Torricelli. En este punto se destacó que la atmósfera también es un fluido y que, como tal, todos los cuerpos sumergidos en ella experimentan una presión, que es la presión atmosférica. Para finalizar la sesión se realizó un repaso de los conceptos y principios estudiados durante el tema: diferencia entre fuerza y presión, fuerzas ejercidas por un fluido, presión hidrostática, principio de Pascal, principio de Arquímedes y presión atmosférica.

Sesión 7

Durante esta sesión se realizó a los alumnos el cuestionario incluido en la Tabla 2, que contenía cinco preguntas. Esas preguntas fueron formuladas de manera que trató de determinarse si los alumnos habían modificado las ideas alternativas que tenían antes de comenzar la propuesta didáctica y si habían comprendido los nuevos conceptos explicados. Para evitar que las preguntas pudieran responderse por medio de un aprendizaje memorístico, eran distintas de las formuladas en el cuestionario inicial. Además, ninguna de las imágenes contenidas en el cuestionario se correspondía exactamente con las empleadas durante las sesiones.

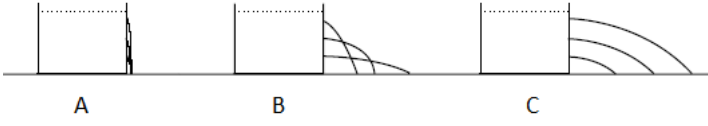

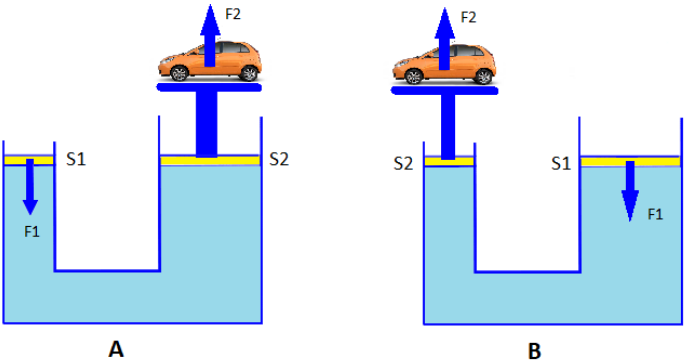
En relación a las preguntas del cuestionario, la pregunta 1 sirve para determinar si los alumnos han comprendido que un fluido ejerce fuerzas perpendiculares a todas las paredes del recipiente que lo contiene y no solo sobre el fondo. La pregunta 2 pretende que expliquen la relación existente entre la presión hidrostática y la profundidad. En la misma línea que la anterior, la pregunta 3 determina si han comprendido la paradoja hidrostática y son capaces de razonar que la presión en un punto depende de la profundidad a la que se encuentra y no de la masa de fluido que tiene sobre él. La

pregunta 4 permite ver si han comprendido el principio de Pascal y sus aplicaciones. Por último, la pregunta 5 permite determinar si han comprendido que el volumen de fluido desalojado por un cuerpo totalmente sumergido no depende de la masa del cuerpo sino de su volumen.

Tabla 2

Cuestionario final

La imagen incluida en la pregunta 2 ha sido adaptada de García-Carmona (2009). La imagen de la pregunta 3 ha sido adaptada de la página web del Instituto Superior de Formación y Recursos en Red para el profesorado (antes, CNICE): http://newton.cnice.mec.es/materiales_didacticos/presion/problemas4.htm

<p>Pregunta 1</p>	<p>Cuando una bañera está llena, el agua ejerce una fuerza perpendicular al fondo. ¿Crees que el agua ejerce también fuerzas perpendiculares a todas las paredes de la bañera o que, por el contrario, solo ejerce una fuerza sobre el fondo?</p>
<p>Pregunta 2</p>	<p>Se realizan tres agujeros a distinta altura en un recipiente lleno de agua. Si el recipiente se encuentra abierto por la parte superior, ¿cuál de las tres imágenes (A, B o C) se corresponde mejor con lo que sucede en realidad? ¿Por qué?</p> <div style="text-align: center;">  </div>
<p>Pregunta 3</p>	<p>Los vasos comunicantes de la figura están llenos de agua. ¿En cuál de los dos puntos (A o B) es mayor la presión hidrostática? ¿Por qué?</p> <div style="text-align: center;">  </div>
<p>Pregunta 4</p>	<p>Indica cuál de los dos elevadores hidráulicos (A o B) elegirías para levantar un coche. ¿Por qué?</p> <div style="text-align: center;">  </div>

Pregunta 5	Dos vasos contienen la misma cantidad de agua inicial. Se sumerge por completo una esfera de plastilina (masa 20 gramos) en el vaso A y una esfera de oro (masa 200 gramos) en el vaso B. Si las dos esferas tienen el mismo radio, ¿en cuál de los dos vasos se derramará una mayor cantidad de agua al introducir la esfera?
------------	--

Resultados

Tras exponer la metodología aplicada, en este apartado se describen los resultados obtenidos, analizándose de acuerdo a lo planteado por García-Carmona (2009). En primer lugar se muestran los resultados relativos a los conocimientos previos de los alumnos y, en segundo lugar, la evolución de esos conocimientos tras la implementación de la secuencia didáctica. Por último, se incluye también la valoración del alumnado con respecto al proceso de enseñanza-aprendizaje.

Estado de los conocimientos previos de los alumnos

Los cuestionarios previos (Tabla 1) se corrigieron teniendo en cuenta los niveles de conocimiento declarativo definidos por Oliva *et al.* (2003), para lo cual se diseñó la rúbrica de evaluación incluida en el Anexo I.1. Cabe destacar en este punto que los cuestionarios eran anónimos, de manera que los nombres de cada alumno no figuraban en ellos, sino únicamente un número de identificación desconocido por el corrector. Los resultados se muestran en la Tabla 3 a continuación.

Tabla 3

Resultados del cuestionario inicial

Se muestra el número de respuestas dentro de cada nivel para las preguntas del cuestionario inicial y el número de respuestas acumuladas en los niveles más altos (3 y 4). En la última columna se indica el nivel de conocimiento más representativo (mediana) en cada pregunta. Número total de alumnos n=29.

Pregunta	Nivel 1	Nivel 2	Nivel 3	Nivel 4	Nivel 3 + Nivel 4	Nivel representativo (mediana)
1	0	3	26	0	26	3
2	0	20	9	0	9	2
3	0	19	6	4	10	2
4	0	9	10	9	19	3

Para establecer el valor del nivel representativo de conocimiento del grupo se calculó la mediana de las respuestas en cada pregunta, obteniéndose un nivel 2 en las preguntas 2 y 3 y un nivel 3 en las preguntas 1 y 4. De estos resultados se deduce que, de manera general, el grupo de alumnos presentaba ideas imprecisas e incluso incorrectas acerca de los conceptos planteados en el cuestionario inicial, realizado antes de implementar la secuencia didáctica.

La imprecisión detectada con mayor frecuencia fue el empleo del término “espacio” en lugar de volumen. Concretamente, la mayoría de los alumnos se referían al espacio que ocupa un objeto al introducirlo en un fluido pero no empleaban el término de volumen. Además de esa imprecisión, en algunas de las preguntas se detectaron las siguientes ideas alternativas:

- Ninguno de los alumnos parece conocer la relación existente entre fuerza y presión ($P=F/S$) y, en consecuencia, emplean ambos términos de manera indistinta.
- Aunque reconocen que existe una presión en el fondo de un recipiente que contiene un fluido, muchos no conocen la existencia de una presión también sobre las paredes del recipiente. Por lo tanto consideran que al hacer un agujero en la pared de una botella con agua, el fluido sale de la botella resbalando por la pared y no con trayectoria parabólica.
- Los alumnos que sí reconocen que en el interior de una botella con agua hay presión debido a la presencia del fluido, asocian la presión en un punto con la masa o cantidad de agua sobre él, pero no con su profundidad.
- Algunos alumnos consideran que, teniendo dos objetos con el mismo volumen sumergidos en vasos de agua idénticos, el objeto con mayor masa es el que desplaza un volumen mayor de agua.

El análisis de esos resultados permitió rediseñar algunos aspectos de la secuencia didáctica, de manera que se dedicó un mayor tiempo a aquellos conceptos en los que se percibieron las dificultades más notables.

Evolución de los conocimientos de los alumnos

El cuestionario final (Tabla 2) también se corrigió considerando los niveles de conocimiento declarativo definidos por Oliva *et al.* (2003) y aplicando la rúbrica incluida en el Anexo I.2. Los resultados, que también eran anónimos, se muestran en la Tabla 4.

Tabla 4

Resultados del cuestionario final

Se muestra el número de respuestas dentro de cada nivel para las preguntas del cuestionario final y el número de respuestas acumuladas en los niveles más altos (3 y 4). En la última columna se indica el nivel de conocimiento más representativo (mediana) en cada pregunta. Número total de alumnos $n=29$.

Pregunta	Nivel 1	Nivel 2	Nivel 3	Nivel 4	Nivel 3 + Nivel 4	Nivel representativo (mediana)
1	0	4	19	6	25	3
2	0	4	19	6	25	3
3	0	5	2	22	24	4
4	0	5	12	12	24	3
5	0	4	5	20	25	4

En la tabla anterior puede apreciarse que los alumnos obtuvieron una mediana de 3 en las preguntas 1, 2 y 4 y una mediana de 4 en las preguntas 3 y 5. Esto significa que, de manera general, las respuestas estaban en la línea adecuada aunque incompletas o imprecisas (nivel 3 de aprendizaje) o correctamente justificadas (nivel 4).

En la pregunta 1 los alumnos debían indicar si un fluido (en este caso un líquido) ejerce fuerzas perpendiculares a todas las paredes del recipiente que lo contiene o únicamente sobre el fondo. 19 alumnos alcanzaron el nivel 3, lo cual quiere decir que reconocen que un líquido ejerce fuerzas perpendiculares a todas las paredes aunque no lo justifican de la manera adecuada (haciendo referencia al movimiento de las partículas). El nivel más bajo en esta pregunta corresponde a aquellos que consideran que un fluido sólo ejerce una fuerza perpendicular al fondo del recipiente: *“la fuerza va hacia abajo”, “sólo ejerce una fuerza hacia el fondo por la gravedad terrestre. Habría fuerza en los laterales si se le aplicara una fuerza por arriba, como alguien metido en la bañera”* o *“el agua ejerce una fuerza sobre el fondo debido a la acción de la gravedad”*.

En la pregunta 2, relativa a las trayectorias que describiría el agua en una botella con agujeros a distintas alturas, también hubo 19 alumnos que alcanzaron el nivel 3. Esos alumnos reconocen que el agua tiene un mayor alcance en el agujero inferior porque está sometido a una mayor presión, aunque sus respuestas están incompletas o contienen imprecisiones. Al igual que en la pregunta anterior, el nivel 4 sólo se asignó a aquellos que dieron una explicación totalmente correcta: *“Opción B. Porque la presión hidrostática, que se suma a la presión atmosférica, aumenta al aumentar la profundidad del punto en el que se mide”* o *“Opción B. Porque en los agujeros superiores hay menos presión hidrostática porque hay menos altura desde la superficie”*. Por el contrario, cuatro alumnos se situaron en el nivel 2 de aprendizaje por no reconocer que en un recipiente abierto y con fluido en su interior existe presión (*“Opción A. Porque si estuviera cerrado habría más presión y saldría todo con más fuerza hacia afuera”* o *“Opción A. Si está abierto no hay nada que provoque una presión, sólo la gravedad”*) o responder de forma confusa (*“Opción B. Debido a la presión atmosférica, ya que si estuviese cerrado, esa misma presión habría hecho tapón y no se hubiese salido”*).

La pregunta 3, relativa a la presión existente en dos puntos ubicados a la misma profundidad en dos vasos comunicantes, fue la que obtuvo un mayor número de respuestas de nivel 4. Concretamente, 22 alumnos reconocen que la presión en ambos puntos es idéntica por estar ubicados a la misma profundidad. Por el contrario, 5 alumnos aportaron respuestas de nivel 2 al considerar que en uno de los puntos existe mayor presión: *“en el A porque hay más cantidad de agua”, “en el B porque el agua del punto B está en un espacio más pequeño”* o *“en el B porque cuanto menos superficie hay más presión se ejerce porque no se esparce”*.

En cuanto a la pregunta 4, en la que debían elegir entre dos elevadores hidráulicos distintos para levantar un coche, todos los alumnos excepto uno eligieron el elevador idóneo. 24 alumnos proporcionaron respuestas en la línea adecuada o totalmente correctas (niveles 3 y 4) y sólo cinco alumnos dieron respuestas del nivel 2 (*“el B porque al tener menos superficie ofrecería menos resistencia y resultaría más fácil”, “el A porque la superficie en S1 es menor que en S2, entonces la presión se multiplica”* o *“en el elevador hidráulico A se necesita una menor presión para levantar el coche”*).

La pregunta 5, en la cual tenían que indicar si dos esferas de distinta masa pero idéntico volumen desalojan la misma cantidad de agua al introducirlas en un vaso, obtuvo 20 respuestas de nivel 4: *“en los dos casos desplazarán la misma cantidad de agua, ya que el objeto desplaza una cantidad de agua igual a su volumen”* o *“se derramará lo mismo porque las bolas tienen el mismo volumen”*. También hubo 5 respuestas del nivel 3, en las cuales no se hacía referencia al volumen pero sí a la “cantidad” o “espacio” ocupado por las esferas: *“se derramará la misma cantidad de agua, ya que tienen el mismo radio por lo que ocupan la misma cantidad en el vaso”*. Los 4 alumnos con respuestas de nivel 2 señalaron que la bola de mayor masa desplazaría una mayor cantidad de agua: *“se derramará más en el vaso B porque la esfera de oro es un objeto más pesado”* o *“se derramará más en el vaso B porque su masa es mayor, ya que tiene 200 gramos y la otra 20 gramos”*.

En definitiva, puede observarse como el número de respuestas incorrectas (nivel 2) disminuyó tras la implementación de la secuencia didáctica, de forma que un mayor número de alumnos proporcionó respuestas dentro de los niveles superiores de aprendizaje (niveles 3 y 4).

Valoración del proceso de enseñanza-aprendizaje por parte del alumnado

La valoración del proceso de enseñanza-aprendizaje por parte del alumnado se determinó por medio de un cuestionario anónimo realizado antes de la sesión 7. Ese cuestionario contenía las siguientes preguntas:

1. ¿Qué es lo que más te ha gustado de estas clases? ¿Por qué?
2. ¿Qué es lo que menos te ha gustado? ¿Por qué?
3. ¿Qué aspectos cambiarías?
4. ¿Te sientes satisfecho con lo que has aprendido?

El cuestionario fue respondido por un total de 25 alumnos de los 29 de la clase. Con respecto a la pregunta número 1, el aspecto mejor valorado de la secuencia didáctica fue el empleo de experimentos ilustrativos, denominados por algunos alumnos como “ejemplos reales”. Un total de 19 alumnos señalaron que los experimentos habían facilitado su comprensión de la teoría o habían hecho que la clase fuera más dinámica: *“la cantidad de ejemplos reales y las distintas maneras de explicar un concepto para entenderlo correctamente”*, *“los experimentos que se han realizado, porque nos permiten ver de forma aplicada los principios y leyes físicas”* o *“los experimentos en directo porque así se hacía algo más entretenido que la clase normal”*.

El segundo aspecto más valorado de la secuencia fueron las explicaciones realizadas por el docente o su planteamiento de las sesiones, señaladas por 10 alumnos: *“creo que las clases han estado muy bien porque la profesora explica muy bien y se nota que tiene un buen conocimiento de la materia”* o *“me gustan las explicaciones que da la profesora porque son dinámicas y las entiendo”*. Además, en esa misma pregunta, un total de 11 alumnos emplearon los adjetivos “dinámicas”, “entretenidas”, “amenas” o “lúdicas” para referirse a su apreciación de las sesiones.

En la segunda pregunta (¿qué es lo que menos te ha gustado?), más de la mitad de los alumnos, 14 en total, no destacaron ningún aspecto que les hubiera gustado menos y 7 señalaron que las clases podrían haber sido más amenas o que la teoría explicada les resultaba aburrida: *“yo he aprendido en las clases pero puede que no hayan sido lo suficientemente amenas”* o *“no me ha gustado cuando es solo explicar la teoría”*.

También en relación a los aspectos que menos les habían gustado, en la pregunta número 3 (¿qué aspectos cambiarías?), 14 alumnos no modificarían ningún aspecto de la secuencia didáctica y 4 alumnos consideraban que las clases deberían haber sido más dinámicas: “*las clases las haría más dinámicas*” o “*haría las lecciones más dinámicas y rápidas*”. Finalmente, en la pregunta 4 (¿te sientes satisfecho con lo que has aprendido?), hay que destacar que todos los alumnos respondieron afirmativamente, siendo las respuestas más frecuentes “*sí*” y “*sí, mucho*”.

Discusión y consideraciones finales

El objetivo principal de la secuencia didáctica fue que los alumnos relacionaran las leyes y principios de la hidrostática con distintos fenómenos cotidianos para mejorar la asimilación de conceptos. En ese sentido, los resultados del cuestionario final muestran que el nivel de los alumnos es mayor tras la implementación de la secuencia didáctica y que, por lo tanto, se ha cumplido dicho objetivo.

Por ejemplo, se consiguieron mejoras notables en la utilización del término “volumen”, que los alumnos no emplearon en el cuestionario inicial pero sí en el final. En cuanto a las ideas previas, los alumnos mejoraron su comprensión de la presión ejercida por un líquido, reconociendo que también actúa sobre las paredes del recipiente aunque este se encuentre abierto. No obstante, una minoría se mostró resistente al cambio de pensamiento y mantuvo la idea de que en un recipiente que contiene un líquido no existe ninguna presión a no ser que dicho recipiente se encuentre cerrado. Por tanto, aunque el experimento ilustrativo diseñado con el objetivo de modificar esa idea previa parece haber cambiado el pensamiento de la mayoría de los alumnos, no ha tenido una eficacia total. Tras la secuencia didáctica, la mayoría comprendió también que la presión hidrostática en un punto depende de la profundidad a la que se encuentre y no de la masa de fluido que hay sobre él y respondieron de manera adecuada a la paradoja de los vasos comunicantes. Pero, de nuevo, a pesar de haber utilizado una simulación específica para demostrarlo, una minoría de alumnos mantuvo sus ideas previas a este respecto.

Probablemente debido a la mejora en la comprensión del concepto de volumen, también se modificó la idea de que, si dos cuerpos tienen el mismo volumen, el de mayor masa es el que desplaza un mayor volumen de agua. La mayoría identificó que dos bolas del mismo volumen desplazan el mismo volumen de fluido (independientemente de cual sea su masa) y, de nuevo, sólo una minoría mantuvo sus concepciones alternativas. Además de modificar las ideas previas de un número considerable de alumnos, la secuencia didáctica permitió que comprendieran el principio de Pascal y que aplicaran sus conocimientos de manera adecuada para elegir el mejor diseño para un elevador hidráulico. Asimismo, en este punto es destacable que dos alumnos mencionaron el experimento realizado con las jeringas (prensa hidráulica adaptada) para completar sus respuestas, mostrando que dicho experimento les resultó verdaderamente ilustrativo.

En cuanto al segundo objetivo planteado, el incremento de la motivación hacia el aprendizaje de las ciencias, los alumnos valoraron positivamente los experimentos ilustrativos y no realizarían modificaciones significativas en las sesiones. Por lo tanto, aunque del análisis de los cuestionarios de satisfacción de los alumnos no se puede deducir directamente si la motivación de los alumnos mejoró tras la secuencia didáctica,

sí es un hecho que todos ellos mostraron su satisfacción con lo aprendido y, por ello, es posible que la motivación de algunos alumnos haya aumentado.

La realización de los experimentos ilustrativos ha hecho que la mayoría de los alumnos perciba las sesiones como más amenas y dinámicas, pero esto no ha sido así en todos los casos. Algunos alumnos han señalado que las clases podrían haber sido más dinámicas y manifiestan que las explicaciones teóricas les resultaban aburridas. Por lo tanto, tal vez podrían replantearse los experimentos de manera que la participación del alumnado fuera aún mayor. Por ejemplo, en el experimento realizado con las jeringas podrían llevarse al aula un mayor número de jeringas para que todos los alumnos pudieran comprobar el efecto. En cuanto a las explicaciones teóricas, si bien pueden tratar de hacerse más amenas, no pueden eliminarse de la secuencia porque son necesarias para que los experimentos tengan contenido didáctico y sean comprendidos.

Otro aspecto que podría mejorarse es la capacidad del alumnado para explicar los fenómenos observados. Aunque ha habido un incremento en el nivel de conocimiento, la mayoría de los alumnos ha alcanzado únicamente el nivel 3 porque, aunque sus respuestas estaban en la línea adecuada, contenían imprecisiones. Tal vez podría conseguirse una mejora fomentando todavía más la participación del alumnado, promoviendo que expliquen ellos mismos qué es lo que está sucediendo en el experimento, no sólo de forma oral (como ya se hacía durante las sesiones) sino también de forma escrita.

En definitiva, aunque es susceptible de mejora, puede decirse que la secuencia didáctica diseñada ha cumplido en un amplio grado los objetivos que se habían planteado. Aunque algunos estudiantes siguen manteniendo sus ideas alternativas en ciertos aspectos, dichas ideas han podido reemplazarse en un gran número de alumnos y el nivel de conocimiento general ha aumentado. No obstante, la eficacia de la secuencia no puede atribuirse a ningún aspecto concreto y, aunque los experimentos ilustrativos han podido contribuir positivamente, no es posible determinar el grado en el que han facilitado la comprensión de los conceptos por parte de los alumnos. Sin embargo, lo que sí puede afirmarse es que los experimentos ilustrativos han sido muy apreciados por los alumnos y son el aspecto mejor valorado de la secuencia didáctica.

Referencias

- Barberá, O. y Valdés, P. (1996). El trabajo práctico en la enseñanza de las ciencias: una revisión. *Enseñanza de las ciencias*, 14(3), 365-379.
- Besson, U. (2004). Students' conceptions of fluids. *International Journal of Science Education*, 26(14), 168-1714.
- Caamaño, A. (2003). Los trabajos prácticos en ciencias, en Jiménez Aleixandre, M.P. (coord.): *Enseñar ciencias*, 95-118. Barcelona: Graó.
- De Pro, C. (2012). La presión, una unidad didáctica para 4º de la ESO. *Alambique: Didáctica de las ciencias experimentales*. 71, 22-33.
- Edebé. (2016). *Física y Química*. Bloque II: Física. Barcelona: Edebé.
- Fernández, J.M. (1985). Causas de las dificultades de aplicación del teorema de Arquímedes por los alumnos de Enseñanza Media. *Enseñanza de las ciencias*, 3(3), 185-187.

- García-Carmona, A. (2009). Aprendiendo hidrostática mediante actividades de investigación orientada: Análisis de una experiencia con alumnos de 15-16 años. *Enseñanza de las ciencias*, 27(2), 273-286.
- Kariotogloy, P., Koumaras, P. y Psillos, D. (1993). A constructivist approach for teaching fluid phenomena. *Physics education*, 28(3), 164-169.
- Mazzitelli, C., Maturano, C., Núñez, G. y Pereira, R. (2006). Identificación de dificultades conceptuales y procedimentales de alumnos y docentes de EGB sobre la flotación de los cuerpos. *Revista Eureka sobre enseñanza y divulgación de las ciencias*, 3(1), 33-50.
- Oliva, J.M., Aragón, M.M., Bonat, M. y Mateo, J. (2003). Un estudio sobre el papel de las analogías en la construcción del modelo cinético-molecular de la materia. *Enseñanza de las Ciencias*, 21(3), 429-444.
- Orden ECD/489/2016, de 26 de mayo, por la que se aprueba el currículo de la Educación Secundaria Obligatoria y se autoriza su aplicación en los centros docentes de la Comunidad Autónoma de Aragón.
- Sanmartí N., Márquez C., García Rovira P. (2002). Los trabajos prácticos, punto de partida para aprender ciencias. *Aula de Innovación Educativa*, 113.
- Tipler, P. A. (2003). *Física para la ciencia y la tecnología*. Barcelona: Reverté.

Anexo I.1

Rúbrica de evaluación del cuestionario inicial

Las posibles respuestas se han agrupado según los niveles de conocimiento declarativo descritos por Oliva *et al.* (2003).

	NIVEL 1	NIVEL 2	NIVEL 3	NIVEL 4
PREGUNTA 1	Respuesta en blanco	Elige la opción incorrecta	Elige la opción correcta y emplea los conceptos de fuerza y/o presión en la justificación aunque está incompleta o contiene imprecisiones	Elige la opción correcta y emplea los conceptos de fuerza y/o presión en la justificación de manera adecuada
		Elige la opción correcta pero no la justifica		
		No emplea los conceptos de fuerza ni presión en la justificación		
PREGUNTA 2	Respuesta en blanco	Dibujo y justificación incorrectos	Dibujo correcto y explicación en la línea adecuada, aunque está incompleta o contiene imprecisiones	Dibujo correcto y explicación adecuada (relaciona la presión hidrostática con la profundidad)
PREGUNTA 3	Respuesta en blanco	La justificación es incorrecta	La justificación está incompleta o contiene imprecisiones	La justificación es adecuada (hace referencia al volumen del objeto)
PREGUNTA 4	Respuesta en blanco	Considera que en una de las situaciones se derrama más agua	Considera que en las dos situaciones se derrama la misma cantidad de agua pero la justificación está incompleta o contiene imprecisiones	Considera que en las dos situaciones se derrama la misma cantidad de agua y lo relaciona con el volumen de los objetos

Anexo I.2

Rúbrica de evaluación del cuestionario final

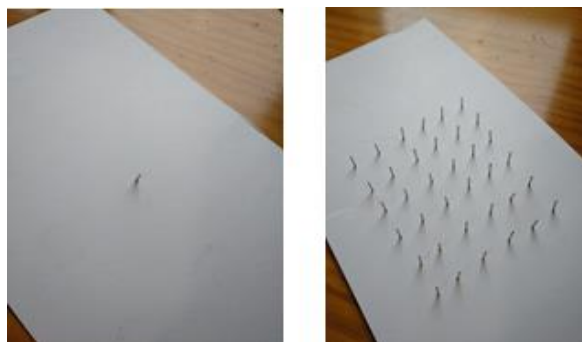
Las posibles respuestas se han agrupado en distintos niveles de conocimiento declarativo según lo descrito por Oliva *et al.* (2003).

	NIVEL 1	NIVEL 2	NIVEL 3	NIVEL 4
PREGUNTA 1	Respuesta en blanco	Indica que el agua sólo ejerce una fuerza sobre el fondo de la bañera	Indica que el agua ejerce fuerzas perpendiculares a todas las paredes pero no lo justifica o lo hace de manera incompleta o imprecisa	Indica que el agua ejerce fuerzas perpendiculares a todas las paredes y lo justifica adecuadamente
PREGUNTA 2	Respuesta en blanco	Elige la opción incorrecta	Elige la opción correcta y la justifica en la línea adecuada, pero de manera incompleta o con imprecisiones	Elige la opción correcta (B) y la justifica adecuadamente, haciendo referencia a la relación entre la presión (hidrostática) y la profundidad
		Elige la opción correcta pero no la justifica o la justifica de manera incorrecta		
PREGUNTA 3	Respuesta en blanco	Indica que la presión hidrostática es mayor en uno de los dos puntos	Indica que los dos puntos están sometidos a la misma presión pero la justificación está incompleta o contiene imprecisiones	Identifica que los dos puntos están sometidos a la misma presión hidrostática porque están a la misma profundidad
PREGUNTA 4	Respuesta en blanco	Elige la opción incorrecta	Elige la opción correcta y la justifica en la línea adecuada, pero de manera incompleta o con imprecisiones	Elige la opción correcta (A) y lo justifica reconociendo que la presión debajo de cada émbolo es la misma y que, para que F_2 sea mayor que F_1 , S_2 debe ser mayor que S_1
		Elige la opción correcta pero no la justifica o la justifica de manera incorrecta		
PREGUNTA 5	Respuesta en blanco	Considera que en una de las situaciones se derrama más agua	Considera que en las dos situaciones se derrama la misma cantidad de agua pero la justificación está incompleta o contiene imprecisiones	Considera que en las dos situaciones se derrama la misma cantidad de agua y lo relaciona con el volumen de la esfera

Anexo I.3. Instrucciones para la preparación de los experimentos ilustrativos

1. Demostración de la relación $P=F/S$ mediante globos y chinchetas

Para realizar esta demostración hay que preparar antes de la sesión dos placas de cartón con chinchetas insertadas en ellas. Una de ellas debe tener una única chincheta en el centro y la otra placa debe tener numerosas chinchetas distribuidas de manera uniforme (en este caso se han empleado 36).



También hay que llevar al aula al menos tres globos (mejor si se hinchan previamente) con un volumen de aire semejante.

2. Demostración de la fuerza que ejerce un fluido sobre las paredes de un recipiente mediante una botella de agua agujereada

Antes de realizar este experimento en el aula es aconsejable realizar el agujero en la botella y tapanlo con una cinta adhesiva. Para que la trayectoria del agua sea perfectamente visible, se recomienda realizar el agujero a una altura aproximada de 6 cm desde fondo de la botella. Además, es necesario llevar al aula un recipiente lo suficientemente grande como para recoger el agua que saldrá por el agujero y un trapo o papel absorbente para limpiar los derrames accidentales.

3. Demostración del principio de Pascal con una prensa hidráulica adaptada

Para esta demostración se empleó una jeringa de 5 ml de capacidad y otra de 50 ml de capacidad, que se unieron por un tubo de goma transparente. Aunque pueden usarse jeringas con otros volúmenes se recomienda que, en cualquier caso, la diferencia entre sus diámetros sea la máxima posible.



Aunque el fenómeno se aprecia perfectamente con esta prensa adaptada, es muy importante indicar a los alumnos que las prensas hidráulicas reales contienen un fluido no compresible (normalmente agua o aceite) en lugar de aire. Tal y como se observó, en el caso de haber rellenado las jeringas con líquido, este se habría derramado porque los alumnos tiran de la goma accidentalmente y la desprenden.

4. Demostración del principio de Pascal con el “diablillo de Descartes”

Para construir el diablillo de Descartes se han de seguir estas instrucciones:

1. Cortar la zona flexible de una pajita de plástico y atarla con una cuerda, de manera que se obtenga una pieza en forma de U con ambos extremos unidos.
2. Enganchar clips metálicos en la cuerda de forma que al poner el diablillo en un vaso con agua no se hunda.



3. Meter el diablillo en una botella llena de agua y cerrar la botella con el tapón.
4. Comprobar que, al presionar la botella ligeramente, el diablillo baja hasta el fondo de la botella. Si hay que ejercer demasiada presión, es indicativo de que hay que colocar más clips en el diablillo.

Anexo II

PROYECTO DIDÁCTICO

**Proyecto didáctico para la enseñanza-
aprendizaje de la Química del carbono
(Física y Química, 1º Bachillerato)**

Índice de contenidos

1.	Introducción y contextualización	1
2.	Análisis del contenido	2
3.	Identificación de dificultades para el aprendizaje de los contenidos.....	5
4.	Determinación y secuenciación de los objetivos de aprendizaje.....	6
5.	Metodología y secuencia de actividades de enseñanza-aprendizaje	7
5.1.	Introducción a la química del carbono mediante modelos moleculares	8
5.2.	¿Qué son las biomoléculas?	12
5.3.	¿Qué son los polímeros?	13
5.4.	Identificación de compuestos orgánicos mediante el uso de las TIC	15
5.5.	Síntesis de un polímero biodegradable	16
5.6.	Visita a planta depuradora de aguas residuales.....	17
6.	Propuesta de actividades de evaluación	18
7.	Reflexión final	19
8.	Bibliografía.....	20
	ANEXOS	23
	Anexo II.1. Actividad de formulación de compuestos orgánicos (sesión 3).....	23
	Anexo II.2. Extracción de ADN de tomate (sesión 4, opcional)	25
	Anexo II.3. Actividad de identificación de compuestos orgánicos (sesión 6)	28
	Anexo II.4. Síntesis de un polímero biodegradable (sesión 7).....	40

1. Introducción y contextualización

Debido a las ideas negativas acerca de la química que se han percibido entre el alumnado y la sociedad en general, el objetivo de este proyecto es que los alumnos sean conscientes de la importancia de la química en la vida cotidiana y en la construcción de una sociedad sostenible a través de la comprensión de la química del carbono. Con ese objetivo se ha diseñado una secuencia de actividades que se engloban dentro del bloque relativo a la “Química del carbono”, correspondiente a la asignatura de Física y Química de 1º de Bachillerato. Tal y como se discutirá en apartados posteriores, este bloque permite relacionar la química con diversos aspectos cotidianos y, por lo tanto, se ha considerado adecuado para conseguir el objetivo propuesto. Por medio de la mejora en la comprensión de la química del carbono se pretende que los alumnos modifiquen sus percepciones negativas acerca de la química y se familiaricen con la “química verde”; una nueva concepción basada en la implementación de procesos respetuosos con los seres vivos y el medio ambiente.

Según la legislación vigente (LOMCE y RD 1105/2014), la Física y Química es una materia de opción dentro del bloque de asignaturas troncales de la modalidad de Ciencias en 1º de Bachillerato y, junto con el resto de las materias, debe contribuir a que el alumnado adquiera las competencias necesarias para integrarse en la sociedad de manera activa. Para ello, la enseñanza de la Química en 1º de Bachillerato está secuenciada en cuatro bloques de contenidos: la actividad científica, aspectos cuantitativos de la química, reacciones químicas y la química del carbono; siendo ese último bloque el más relacionado con otras disciplinas como, por ejemplo, la Biología. Precisamente por esa característica se ha elegido el bloque relativo a la química del carbono para desarrollar esta propuesta didáctica. Gracias a su estrecha conexión con otros ámbitos, se ha considerado que el desarrollo de ese bloque de contenidos permitirá a los alumnos apreciar de una forma más directa las implicaciones que tiene la química en diferentes aspectos de nuestra vida cotidiana.

El bloque de la química del carbono engloba numerosos contenidos que podemos situar dentro del nivel atómico-molecular (o microscópico) que, a diferencia del nivel macroscópico, no corresponde a fenómenos observables. Es el caso de los enlaces del átomo de carbono, las funciones orgánicas, las macromoléculas o los polímeros. Respecto al tratamiento de esos contenidos en el currículo aragonés, hay que señalar que el nivel microscópico comienza a tratarse en 2º y 3º de la ESO, también dentro de la asignatura de Física y Química. En esos cursos, se emplea la teoría cinético-molecular para inferir las características de los estados de la materia y se explica a los alumnos la composición atómica de la materia. En 4º de la ESO sigue tratándose el nivel microscópico y aparece la primera referencia explícita a la química de los compuestos de carbono aunque, en la práctica, esos contenidos suelen quedar relegados a 1º de Bachillerato. Todo esto hace que el conocimiento previo de los alumnos del primer

curso de Bachillerato acerca de la química del carbono sea escaso e incluso, en algunos casos, inexistente.

Por todo ello, en esta propuesta se tratará la química del carbono empezando desde un nivel básico, explicando en primer lugar los tipos de enlace del carbono y las distintas funciones orgánicas y describiendo a continuación las moléculas orgánicas más complejas (biomoléculas y polímeros). Por último, se dedicará especial atención a la explicación de las contribuciones de la química al desarrollo de polímeros biodegradables y, en general, al desarrollo de una sociedad sostenible. Esa secuencia conceptual se ha empleado para diseñar las actividades que articulan esta propuesta, para las cuales se han considerado el contexto y las dificultades más frecuentes que suele presentar el alumnado.

2. Análisis del contenido

El bloque relativo a la química del carbono suele ser uno de los grandes olvidados durante la enseñanza de la Física y Química en 1º de Bachillerato y es frecuente que los docentes dediquen poco tiempo a exponerlo. Sin embargo, debido a su estrecha relación con otras materias, este tema puede emplearse para que los alumnos comprendan la trascendencia de la química en la sociedad. Concretamente, en esta propuesta se ha considerado adecuado abordar los siguientes contenidos conceptuales incluidos en el currículo (Orden ECD/494/2016):

- Enlaces del átomo de carbono
- Estudio de funciones orgánicas
- Nomenclatura y formulación orgánica según las normas de la IUPAC de las funciones orgánicas de interés
- Principales compuestos orgánicos de interés biológico e industrial
- Macromoléculas y materiales polímeros
- Polímeros de origen natural y sintético
- Reacciones de polimerización
- Fabricación de materiales plásticos y sus transformados: impacto químico
- Importancia de la química del carbono en el desarrollo de la sociedad del bienestar

Con el fin de que los alumnos modifiquen sus percepciones negativas acerca de la química se ha propuesto mejorar sus conocimientos sobre la química del carbono. Se ha partido de la base de que, para que lleven a cabo razonamientos correctamente fundamentados y desarrollen su espíritu crítico, es esencial que tengan una base conceptual consistente. Para ello se han incluido en primer lugar los contenidos relativos al enlace del carbono y las funciones orgánicas, que son necesarios para que puedan comprender después la estructura de compuestos orgánicos más complejos, como las biomoléculas o los polímeros. Por lo general, los compuestos orgánicos de

interés poseen estructuras complejas que los alumnos no serían capaces de entender sin la comprensión previa de los tipos de enlace del carbono y las funciones orgánicas (alcoholes, aldehídos, cetonas, etc) (García Salinas, 2016). De ahí que la primera etapa de este proyecto consista en la enseñanza-aprendizaje de esos conceptos.

Como se tratará más adelante, el paso del nivel macroscópico observable al microscópico supone un ejercicio de abstracción muy grande para los alumnos y, en muchas ocasiones, la dificultad para realizar esa abstracción afecta negativamente al proceso de enseñanza-aprendizaje (Cascarosa-Salillas, Fernández-Álvarez y Santiago 2018). Con el objetivo de facilitar ese proceso, se seguirá una secuencia conceptual en la que se explicará primero la geometría de los enlaces de carbono en moléculas sencillas para luego pasar a describir moléculas más complejas, como las macromoléculas con interés biológico (o biomoléculas) y los polímeros.

A pesar de que las biomoléculas y polímeros están presentes en nuestra vida cotidiana, su tratamiento durante la enseñanza secundaria y el bachillerato suele ser superficial (Calvo-Flores e Isac, 2013). Por ese motivo, una vez analizadas las estructuras de las moléculas orgánicas se explicarán las aplicaciones de distintos compuestos orgánicos (fármacos, disolventes, aditivos, etc). Esto responde a las deficiencias observadas por algunos autores, que aportan evidencias de que los estudiantes perciben la química como algo alejado de su cotidianidad y, por ello, proponen enseñarles las implicaciones diarias de la química (Pinto, 2003).

Mediante el estudio y comprensión de las implicaciones de la química en la vida cotidiana se intenta que los alumnos modifiquen sus percepciones negativas sobre la química para aproximarse al concepto de la “química verde” o “química sostenible”. Varios estudios alertan sobre la visión deformada de la química que tienen los alumnos y que provoca su desinterés por la materia. Por ejemplo, muchos estudiantes consideran que la química es causante de desastres medioambientales y la asocian con productos peligrosos y con la fabricación de armas de destrucción masiva (Chamizo, 2011; Garritz, 2011; Tippins, Nichols y Kemp, 1999). Por eso, investigadoras como Mascarell Borreda y Vilches Peña (2016) han propuesto que la química verde sea incluida dentro de la enseñanza de las ciencias. De manera resumida, la química verde consiste en una nueva concepción del diseño químico que trata de minimizar la generación de residuos peligrosos para la salud humana y el medioambiente y producir sustancias que posean poca o ninguna toxicidad (Mascarell Borreda y Vilches Peña, 2016).

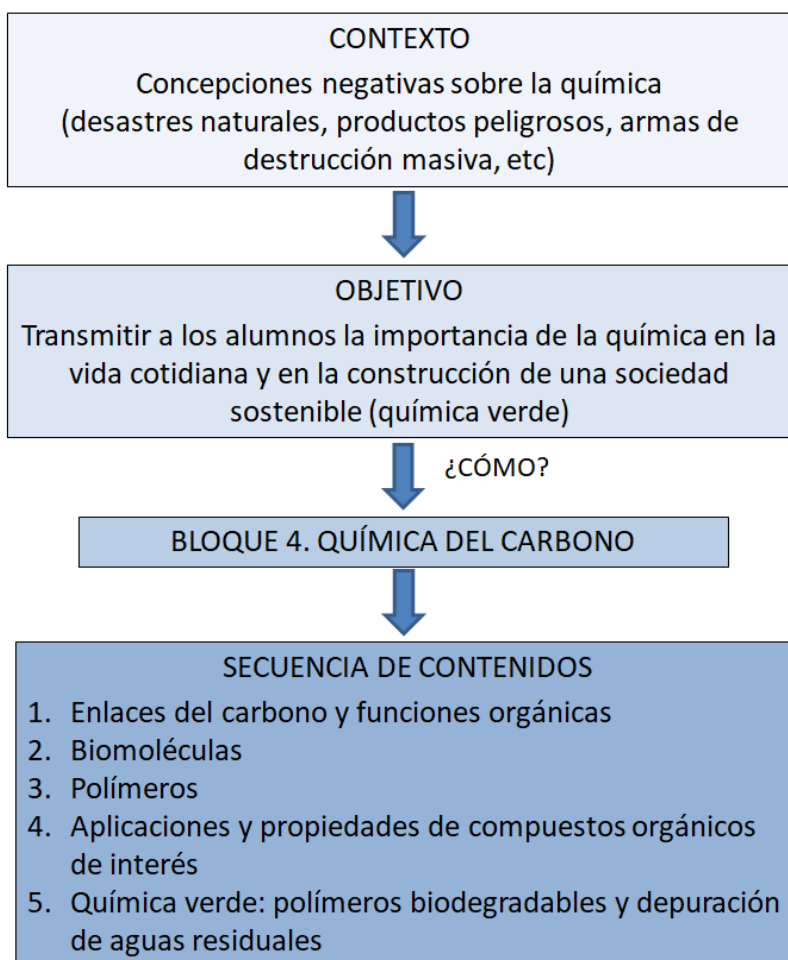
Aunque en esta propuesta no se ha considerado necesario explicar el concepto de química verde de manera literal, sí se tratará de una manera indirecta, mostrando a los alumnos distintas contribuciones de la química para la sostenibilidad. Concretamente, el tratamiento de la química verde se abordará mediante dos actividades. En primer lugar se mostrarán a los alumnos las investigaciones llevadas a cabo en el Instituto de Ciencia y Tecnología de Polímeros (CSIC), donde existen diversas líneas de investigación en torno a la síntesis de polímeros biodegradables, y se les propondrá sintetizar un polímero biodegradable. A continuación, se realizará una visita a una planta depuradora de aguas residuales para que aprecien la necesidad de desarrollar materiales

biodegradables y observen la utilidad de la química durante los procesos de descontaminación de las aguas. En definitiva, con estas actividades se pretende que los alumnos se acerquen al concepto de química verde, valorando las aportaciones de la química a la sostenibilidad medioambiental. Se cree que el tratamiento de la química verde en secundaria y bachillerato favorecería la formación de ciudadanos más concienciados medioambientalmente y conscientes del importante papel que tiene la química en el desarrollo de procesos respetuosos con el medioambiente (Mascarell Borreda y Vilches Peña, 2016).

En la Figura 1 se muestra un esquema de la secuencia seguida a la hora de plantear este proyecto didáctico. Se indica el contexto que llevó a plantear el objetivo principal y la secuencia de contenidos que se ha considerado más apropiada para abordar ese objetivo. Como se detallará en el siguiente apartado, para el planteamiento de las actividades se han tenido en cuenta distintos aspectos didácticos como, por ejemplo, las dificultades más frecuentes que suelen presentar los alumnos en relación a cada uno de los tópicos.

Figura 1

Secuencia seguida para el planteamiento del proyecto didáctico



Por último, aunque se ha prestado especial atención a los contenidos conceptuales, no hay que olvidar su conexión con los contenidos de tipo procedimental y actitudinal, que también integran el conocimiento científico (Odetti, Falicoff y Ortolani, 2007). En ese sentido, esta secuencia didáctica tiene como contenidos procedimentales esenciales el análisis sobre el propio proceso de aprendizaje y la adquisición de conocimientos a través de diversos medios como, por ejemplo, el uso de las tecnologías de la información y la comunicación. Así, la sesión número 3 exige a los alumnos una reflexión sobre los conceptos adquiridos en las sesiones previas, de manera que sean conscientes del estado de su propio proceso de aprendizaje. En la sesión 6 deberán emplear las TIC para buscar fuentes de información fiables y alcanzar así el objetivo de la sesión: identificar un compuesto orgánico a partir de su estructura y propiedades más características. En cuanto a los contenidos actitudinales, son uno de los pilares fundamentales de esta propuesta, ya que los alumnos utilizarán el conocimiento científico adquirido para construir su propia opinión acerca de la química y su contribución a la sociedad.

3. Identificación de dificultades para el aprendizaje de los contenidos

Una vez descritos los contenidos a desarrollar, en este apartado se analizan las dificultades que pueden presentar los alumnos durante su aprendizaje. En relación a los contenidos que aparecen en primer lugar en la secuencia didáctica hay que señalar que, aunque los alumnos suelen comprender las funciones orgánicas, es frecuente que muestren dificultades para entender el enlace covalente y la geometría de las moléculas orgánicas (Cascarosa-Salillas *et al.*, 2018; Román Carracedo, 2018). Con el fin de paliar esas deficiencias y que no condicionen el proceso de enseñanza-aprendizaje, algunos autores recomiendan emplear modelos moleculares para facilitar el proceso de aprendizaje del enlace covalente (Cascarosa-Salillas *et al.*, 2018).

Por este motivo, el proyecto didáctico incluye actividades en las que se trabaja con modelos moleculares tridimensionales para facilitar la visualización de la geometría de las moléculas orgánicas. Aunque esa enseñanza podría abordarse únicamente a través del lenguaje, tal y como se realiza de manera clásica en los niveles no universitarios, en este caso se ha considerado apropiado seguir las recomendaciones de los autores citados y emplear representaciones visuales para minimizar interpretaciones erróneas de las estructuras moleculares. Además, el empleo de una metodología más participativa puede tener un efecto adicional; mejorar el interés del alumnado por el aprendizaje. Durante esas actividades se considera fundamental que el profesor dedique un tiempo suficiente a la explicación inicial de los modelos moleculares ya que, aunque facilitan el visionado espacial de las moléculas, podrían dar lugar a concepciones erróneas si se interpretan de manera inadecuada. Debe asegurarse que los alumnos entienden que las varillas simbolizan los pares de electrones que intervienen en el enlace y que las bolas representan a los átomos que, evidentemente, no compactos.

Asimismo, también se ha observado que algunos alumnos muestran problemas para comprender que los seres vivos están constituidos por las mismas unidades materiales que la materia inerte. En concreto, está extendida la idea de que los seres vivos están compuestos por unidades diferentes y se rigen por leyes distintas a la materia inerte, lo cual revela la desconexión existente entre la química y la biología. Esa desconexión podría ser debida a que los profesores consideran que los alumnos son capaces de relacionar todos los saberes académicos por sí mismos y no se dedica el tiempo suficiente a interrelacionar conceptos de distintas materias (Mondelo Alonso, García Barros y Martínez Losada, 1994). Por ello, la secuencia incluye una sesión en la que se destacará a los alumnos que los seres vivos están compuestos por distintos tipos de moléculas orgánicas (proteínas, lípidos, glúcidos y ácidos nucleicos fundamentalmente) y que, en último término, esas moléculas están compuestas por los mismos átomos que la materia inerte. El tratamiento que se hace del nivel microscópico durante la educación secundaria obligatoria tampoco favorece que los alumnos comprendan la composición de la materia viva. Notablemente, la mayoría de los ejemplos incluidos en los libros de texto se refieren a la composición atómica de la materia inerte, relegando a 1º de Bachillerato las referencias a la composición atómica de la materia viva, tanto en Física y Química como en Biología y Geología.

Aparte de esas dificultades conceptuales, como ya se ha mencionado, los alumnos suelen tener percepciones negativas acerca de la química y no conocen todas sus aportaciones positivas a la sociedad (Chamizo, 2011; Garritz, 2011; Tippins, Nichols y Kemp, 1999). Por ese motivo, también se incluyen actividades que proporcionan a los alumnos una visión más amplia de la química, de manera que puedan conocer la importancia de la química del carbono en el desarrollo de los seres vivos y de materiales de uso común y sus contribuciones para la sostenibilidad.

4. Determinación y secuenciación de los objetivos de aprendizaje

Para alcanzar el objetivo principal de este proyecto (transmitir a los alumnos la importancia de la química en la vida cotidiana y en la construcción de una sociedad sostenible) se han planteado los siguientes objetivos didácticos:

1. Comprender los enlaces del átomo de carbono (C-C, C-H y C-X) mediante la construcción de moléculas orgánicas sencillas con modelos moleculares.
2. Reconocer la importancia de la química del carbono en el desarrollo de los seres vivos mediante el estudio de las biomoléculas y los polímeros naturales.
3. Reconocer la importancia de la química del carbono en el desarrollo de materiales de uso común mediante el estudio de los polímeros artificiales.
4. Conocer las aplicaciones y propiedades de algunos compuestos orgánicos de uso común.
5. Sintetizar un polímero biodegradable.

6. Conocer algunas de las contribuciones de la química para el desarrollo de una sociedad sostenible.
7. Conocer las implicaciones medioambientales que tiene el uso indiscriminado de materiales no biodegradables.

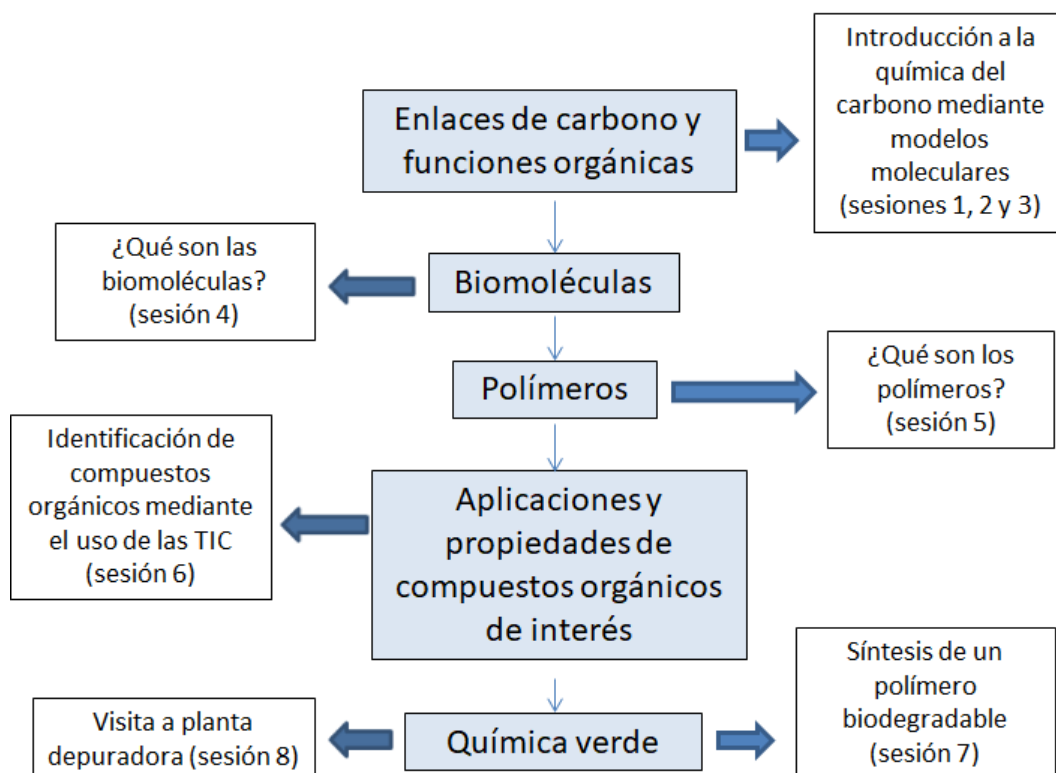
Para la consecución de esos objetivos se han planteado las actividades descritas en el apartado siguiente, en las cuales se emplean las metodologías que se han considerado más adecuadas y que también se detallarán convenientemente.

5. Metodología y secuencia de actividades de enseñanza-aprendizaje

Considerando los principios metodológicos especificados en el currículo y las distintas observaciones que ya se han explicado, se ha planteado un proyecto didáctico con metodologías que tratan de favorecer el aprendizaje de los alumnos por medio de su participación activa. Entre otras, se incluyen actividades prácticas en el laboratorio, búsqueda colaborativa de información mediante el uso de las TIC y actividades que acercan al alumnado a algunos de los problemas medioambientales actuales y les muestran la contribución de la química a la sociedad. No obstante, para facilitar la comprensión de la propuesta, los aspectos metodológicos concretos se tratarán en mayor detalle junto con cada una de las actividades.

Figura 2

Relación entre los contenidos (azul) y las actividades del proyecto didáctico



Siguiendo la jerarquía de los contenidos y objetivos se han diseñado un total de 6 actividades distribuidas en 8 sesiones:

1. Introducción a la química del carbono mediante modelos moleculares (sesiones 1, 2 y 3)
2. ¿Qué son las biomoléculas? (sesión 4). Sesión opcional: extracción de ADN de células vegetales
3. ¿Qué son los polímeros? (sesión 5)
4. Identificación de compuestos orgánicos mediante el uso de las TIC (sesión 6)
5. Síntesis de un polímero biodegradable (sesión 7)
6. Visita a planta depuradora de aguas residuales (sesión 8)

A continuación se incluyen todas las actividades, realizándose una descripción detallada sólo en el caso de aquellas con carácter práctico y omitiéndose el desarrollo de los aspectos puramente teóricos. Sí se ha prestado especial atención a la justificación de por qué se ha seleccionado cada actividad, aspecto que aparece indicado dentro del apartado de “justificación”.

5.1. Introducción a la química del carbono mediante modelos moleculares

Justificación: una vez que los alumnos conocen los compuestos inorgánicos fundamentales, con las sesiones 1, 2 y 3 se pretende que amplíen sus conocimientos sobre los tipos de compuestos orgánicos que existen. A través de ese conocimiento se sentarán las bases para modificar sus percepciones negativas sobre la química, ya que es difícil que cambien su percepción acerca de algo que no comprenden.

Para facilitar la comprensión de la geometría de los enlaces covalentes C-C, C-H y C-X en compuestos orgánicos se emplearán modelos moleculares para representar moléculas orgánicas sencillas. Aunque el estudio de la geometría de esos enlaces forma parte de los contenidos de Química de 2º de Bachillerato, se considera adecuado introducirlo en este punto para que los alumnos afronten el curso posterior con una base conceptual adecuada. Así, la propuesta se basa en el trabajo realizado por autores como Fernández Palacios (2013), que plantea el uso de modelos moleculares para mejorar la comprensión de la geometría de las moléculas orgánicas.

Objetivos: comprender la geometría de los enlaces C-C, C-H y C-X.

Contenidos: enlaces del átomo de carbono; estudio de funciones orgánicas; nomenclatura y formulación orgánica según las normas de la IUPAC de las funciones orgánicas de interés.

Temporalización: se requieren tres sesiones de aproximadamente 50 minutos de duración:

- **Sesión 1:** explicación del átomo de carbono y la estructura de compuestos orgánicos sencillos (hidrocarburos y alcoholes) con modelos moleculares:
 - 1) El átomo de carbono (10 minutos): repaso de la configuración electrónica del átomo de carbono (que los alumnos ya conocen de Física y Química de 4º de ESO) para explicar la distribución más estable de los electrones y su tetravalencia. Se introducen también los tipos de enlace que puede formar el carbono: sencillo (por compartición de un par de electrones), doble (compartición de dos pares) y triple (tres pares).
 - 2) Hidrocarburos (30 minutos): explicación sobre los hidrocarburos y su clasificación en alcanos, alquenos, alquinos y cíclicos en función del tipo de enlace presente entre los átomos de carbono. Además de escribir la fórmula química de los hidrocarburos más comunes y representarlos en la pizarra para explicar su formulación, el profesor construirá un modelo molecular de alcano (etano), alqueno (eteno) y alquino (etino), que explicará y entregará a los alumnos para que lo visualicen detenidamente (Figura 3). Por último deben mencionarse las aplicaciones más frecuentes de los hidrocarburos (disolventes, combustibles, etc).
 - 3) Alcoholes y fenoles (10 minutos): explicación sobre los alcoholes y fenoles y su formulación. Deben mencionarse los alcoholes y fenoles más comunes (metanol, etanol, propanol, fenol) y sus usos más frecuentes (combustibles, anticongelantes, aditivos cosméticos, etc). El docente empleará también los modelos moleculares para representar los alcoholes comunes.

Figura 3

Modelos moleculares de hidrocarburos sencillos: A) Etano, B) Eteno, C) Etino.

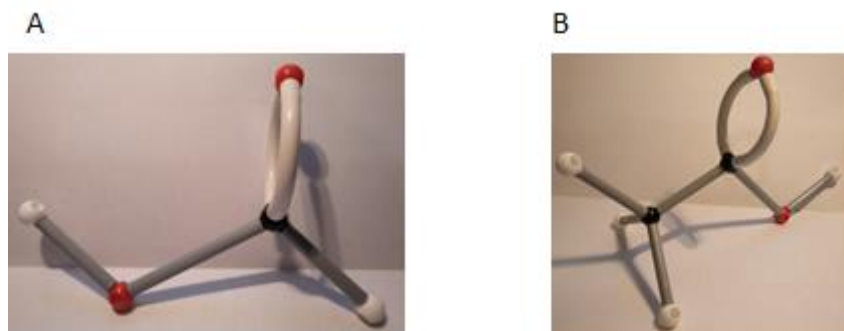


- **Sesión 2:** se continúan explicando los tipos de compuestos orgánicos:
 - 1) Repaso de conceptos (10 minutos): repaso de lo estudiado en la sesión anterior (el átomo de carbono, hidrocarburos y alcoholes) y resolución de dudas.

- 2) Ácidos carboxílicos (10 minutos): explicación sobre los ácidos carboxílicos (saturados e insaturados). Además de escribir la fórmula química de los ácidos carboxílicos más comunes y representarlos en la pizarra para explicar su formulación, el profesor construirá un modelo molecular del ácido metanoico (o ácido fórmico) y del ácido acético (Figura 4). Por último, deben mencionarse sus aplicaciones más frecuentes.
- 3) Aldehídos, cetonas, éteres y ésteres (15 minutos): formulación y aplicaciones.
- 4) Compuestos nitrogenados (10 minutos): explicación sobre las aminas y amidas (formulación y aplicaciones).
- 5) Realización de grupos de trabajo (5 minutos): antes de finalizar la clase debe explicarse a los alumnos la actividad a realizar durante la sesión 3, que consistirá en un ejercicio grupal de construcción de modelos moleculares de compuestos orgánicos. El profesor dará a los alumnos una lista con cuatro compuestos orgánicos y estos deberán completarla incluyendo su fórmula química y una foto del modelo correspondiente. Para la realización de esa actividad deben hacerse 6 grupos de cinco alumnos (aunque esto puede variar en función del número total de alumnos de la clase y de la disponibilidad de material).

Figura 4

Modelos moleculares de ácidos caboxílicos: A) Ácido metanoico, B) Ácido acético.



- **Sesión 3:** los alumnos se dividen en los grupos acordados durante la sesión anterior y el profesor les entrega la ficha de la actividad (Anexo II.1). La ficha contiene los nombres de cuatro compuestos orgánicos y deben completarla incluyendo su fórmula química y una foto de cada modelo. El profesor actuará como guía, resolviendo las dudas que surjan entre los alumnos para que puedan avanzar en la actividad. Antes de la siguiente sesión, un representante del grupo deberá enviar al profesor la tabla completa en formato pdf.

Metodología: las sesiones 1 y 2 se desarrollan fundamentalmente en forma de clases magistrales, aunque incluyen demostraciones con modelos moleculares. A pesar de tratarse de una metodología más tradicional, estas sesiones teóricas introductorias se consideran necesarias para establecer los conceptos fundamentales de la química del carbono y explicar a los alumnos los modelos moleculares. En cuanto a la sesión 3, la metodología empleada es colaborativa, ya que los alumnos trabajan en pequeños grupos. De esta forma se consigue que sean los propios alumnos los que manejen los modelos moleculares y sean conscientes de si han comprendido los conceptos explicados.

Agrupación: en las sesiones 1 y 2 los alumnos trabajan de manera individual, mientras que en la sesión 3 lo hacen de manera grupal (en grupos de cinco alumnos).

Recursos utilizados: las sesiones se desarrollan en el aula habitual y los únicos recursos que se necesitan durante las sesiones 1 y 2 son una pizarra y un kit de modelos moleculares. En este caso, el kit empleado ha sido el “Orbit molecular building system, Individual set” (Cochranes of Oxford) (Figura 5). Para la sesión 3 se necesitan:

- 6 copias de la ficha incluida en el Anexo II.1
- 3 kits de modelos moleculares (cada uno de los cuales se habrá dividido previamente en dos lotes idénticos para tener un total de 6 kits)
- Una cámara de fotos/teléfono móvil por grupo

Figura 5

Componentes del kit Orbit molecular building system. En la imagen se muestran solo parte de los componentes, pero puede consultarse el contenido completo en https://www.cochranes.co.uk/show_product.asp?id=399&catid=43.



Sugerencias: antes de finalizar la actividad puede proponerse a los alumnos que refuercen los conceptos sobre formulación y geometría de los hidrocarburos a través de los siguientes recursos web:

- <http://www.juntadeandalucia.es/averroes/centros-tic/14006217/helvia/aula/archivos/repositorio/0/18/html/formulacion1/formulacionorg4.htm>: página web de la Junta de Andalucía con ejercicios de formulación orgánica.
- http://www.educaplus.org/molculas3d/alcanos_lin.html: base de datos visual de moléculas en la que los alumnos pueden observar los modelos moleculares de diversas moléculas orgánicas.

Puesto que la resolución de ejercicios de formulación es una tarea sistemática y con una demanda cognitiva intermedia, se considera más adecuado que los alumnos la realicen de manera autónoma. De este modo las sesiones en el aula se dedican a tareas con un mayor requerimiento cognitivo.

5.2. ¿Qué son las biomoléculas?

Justificación: se ha encontrado que muchos alumnos presentan dificultades a la hora de comprender que, al igual que la materia inerte, la materia viva también está formada por átomos (Mondelo Alonso *et al.*, 1994). Con el fin de que los alumnos puedan percibir la importancia de la química en nuestra vida cotidiana es necesario que comprendan que los seres vivos estamos compuestos por biomoléculas orgánicas y, para ello, se considera necesaria una explicación sobre los tipos y características de las biomoléculas que componen los seres vivos. Para determinar los conocimientos previos de los alumnos se propone formular al inicio de la sesión una pregunta abierta como la siguiente: ¿de qué estamos formados los seres vivos? De este modo podrá apreciarse cuál es su grado de conocimiento sobre el tema y ajustar el número de sesiones en función de ese nivel.

Objetivos: reconocer la importancia de la química del carbono en el desarrollo de los seres vivos mediante el estudio de las biomoléculas.

Contenidos: macromoléculas.

Temporalización: durante la sesión 4 de la secuencia el profesor explica a los alumnos la composición y características de las principales macromoléculas biológicas:

- 1) Planteamiento de la pregunta abierta (¿de qué estamos formados los seres vivos?) e introducción sobre las macromoléculas biológicas (5 minutos)
- 2) Glúcidos (10 minutos)
- 3) Lípidos (10 minutos)
- 4) Proteínas (10 minutos)
- 5) Ácidos nucleicos (15 minutos)

Metodología: la sesión se desarrolla en forma de clase magistral.

Agrupación: los alumnos trabajan de manera individual.

Recursos utilizados: la sesión se lleva a cabo en el aula habitual y sólo se necesitan una pizarra y un ordenador con proyector.

Sugerencias: en el caso de que los alumnos estén cursando también Biología y Geología no es necesario profundizar demasiado en estos conceptos, puesto que las biomoléculas se estudian en mayor detalle dentro de esa materia. Por ello, se recomienda hacer un resumen similar al realizado por la Royal Society of Chemistry (STEM learning, 2019). No obstante, si se considera necesario, se puede recomendar a los alumnos que amplíen el contenido por medio de la consulta de páginas web fiables. Por ejemplo, la página de la asociación británica de la industria farmacéutica (<https://www.abpischools.org.uk/topic/chemistryoflife/1/1>) contiene abundante información sobre la estructura de las biomoléculas e incluye animaciones sobre su reactividad.

Esta sesión puede completarse con la realización de la actividad práctica incluida en el Anexo II.2, que consiste en la extracción de ADN de tomate. Esto puede resultar especialmente interesante para aquellos alumnos que también estén cursando la asignatura de Biología y Geología, por lo que puede plantearse como una actividad transversal entre ambas asignaturas.

5.3. ¿Qué son los polímeros?

Justificación: una vez que los alumnos han adquirido conciencia sobre las biomoléculas que componen los seres vivos, es el momento de seguir profundizando en las aplicaciones de los compuestos orgánicos. Para ello se propone explicarles los tipos de polímeros que existen y cuáles son algunas de sus aplicaciones. Al igual que en la sesión anterior, se sugiere iniciar la clase con una pregunta. En este caso el objetivo de la pregunta será captar la atención de los alumnos para introducir un tema prácticamente desconocido para ellos: los polímeros.

Objetivos: reconocer la importancia de la química del carbono en el desarrollo de los seres vivos mediante el estudio de los polímeros naturales y artificiales.

Contenidos: polímeros de origen natural y sintético.

Temporalización: en la sesión 5 el profesor explica a los alumnos los tipos de polímeros que existen y sus principales propiedades y aplicaciones:

- 1) Introducción (3 minutos): el profesor enseña distintos objetos cotidianos (por ejemplo: una prenda impermeable, un pañal, una botella de plástico y un ovillo de lana) y pregunta a los alumnos qué tienen en común esos objetos. Todos ellos son polímeros y están muy presentes en nuestra vida diaria.
- 2) Definición de polímero y tipos de polímeros (7 minutos): explicación del concepto de polímero y tipos de polímeros:

- a. En función de su estructura: homopolímeros y copolímeros. Para facilitar la comprensión de estos conceptos se recomienda utilizar un modelo sencillo con clips de colores (Calvo-Flores e Isac, 2013).
 - b. En función de su origen: polímeros naturales y artificiales.
- 3) Polímeros naturales (o biopolímeros) (15 minutos): explicación de la estructura y propiedades de los polímeros naturales más comunes: queratina, seda, caucho, algodón, lana, almidón y celulosa. Es importante que los alumnos entiendan que no todos los polímeros son fabricados por el hombre, sino que existen numerosos ejemplos de polímeros naturales.
- 4) Polímeros sintéticos (15 minutos): explicación de las propiedades de algunos de los polímeros sintéticos más utilizados: polímeros etilénicos o plásticos (PE/polietileno, PVC/cloruro de polivinilo, PP/polipropileno, PS/poliestireno, PET/tereftalato de polietileno, PU/poliuretano), caucho artificial, fibras textiles (nylon, rayón), siliconas, neopreno, baquelita, metacrilato y resinas epoxi. A continuación, el profesor debe destacar que las propiedades físicas de los polímeros varían en función de su estructura por lo que, durante su síntesis, es posible variar su composición para obtener las propiedades deseadas (termoestabilidad, plasticidad, elasticidad, etc).
- 5) Polímeros y medioambiente (8 minutos): los alumnos deben conocer que un alto porcentaje de los polímeros sintéticos se obtienen a partir del petróleo (un recurso natural no renovable) y no se degradan con facilidad, lo cual supone un grave problema medioambiental. Para paliarlo se han planteado tres estrategias (Calvo-Flores e Isac, 2013):
 - a. Reciclar los materiales fabricados con polímeros para convertirlos en otros objetos y evitar su vertido al medio ambiente.
 - b. Usar materias primas renovables para la fabricación de polímeros.
 - c. Fabricar polímeros biodegradables (polímeros degradables de forma natural por microorganismos). Esta estrategia es la que se verá en la siguiente sesión, en la cual se fabricará un polímero biodegradable a partir de almidón de maíz.
- 6) Explicación de trabajo escrito (2 minutos): el profesor explica a los alumnos el trabajo escrito que deben realizar. Cada alumno tiene que seleccionar un polímero y detallar: tipo de polímero (natural o artificial), dónde se encuentra o cómo se obtiene, cuál es su fórmula química (incluyendo una representación de la misma), cuáles son sus principales características y para qué se utiliza. El trabajo deberá tener una extensión de 1-2 páginas.

Metodología: la sesión se desarrolla en forma de clase magistral con una pequeña demostración inicial sobre distintos materiales poliméricos de uso común.

Agrupación: los alumnos trabajan de manera individual.

Recursos utilizados: la sesión se lleva a cabo en el aula habitual, con una pizarra y un ordenador con proyector. Además se necesitan varios objetos de composición polimérica (prenda impermeable, pañal, botella de plástico, ovillo de lana, etc).

5.4. Identificación de compuestos orgánicos mediante el uso de las TIC

Justificación: una vez estudiados los tipos de compuestos orgánicos que existen, se plantea que los alumnos investiguen de manera activa sobre algunos compuestos orgánicos de interés. Para ello deben recurrir al empleo de las TIC, usando diversas páginas web para contrastar información e identificar compuestos orgánicos a partir de su estructura y propiedades más características. Tras dos sesiones con mayor carga teórica y trabajo individual por parte del alumnado, esta sesión servirá para romper la dinámica y que los alumnos vuelvan a trabajar de manera colaborativa. Aunque estos contenidos podrían ser explicados por el profesor de manera muy rápida, se ha considerado que esta actividad promoverá una mejor interiorización de los conceptos por parte de los alumnos que, de otro modo, se limitarían a memorizar una lista de compuestos y sus respectivas aplicaciones.

Objetivos: conocer las aplicaciones y propiedades de compuestos orgánicos de uso común.

Contenidos: principales compuestos orgánicos de interés biológico e industrial.

Temporalización: durante la sesión 6 los alumnos se dividen en grupos y el profesor entrega una ficha distinta a cada grupo (Anexo II.3). En las fichas se muestra la estructura molecular y propiedades de un compuesto orgánico. Cada grupo dispone de uno o dos ordenadores para buscar la información necesaria e identificar la molécula de la que se trata (30 minutos). El profesor deberá recordar a los alumnos la necesidad de contrastar la información obtenida por medio de diversas fuentes antes de tomar su decisión final. Antes de finalizar la sesión, cada grupo dispone de 2-3 minutos para explicar al resto de la clase cuál era su molécula, indicando su estructura y aplicaciones (20 minutos).

Metodología: esta sesión emplea una metodología cercana a la “gamificación” para fomentar la participación activa del alumnado y el trabajo colaborativo. Para favorecer la participación del alumnado se han adaptado las fichas del concurso “Adopta tu molécula” del suplemento Tercer Milenio del periódico Heraldo de Aragón (Gomollón Bel y García Laureiro, 2018), que plantean a los estudiantes pistas atractivas para incrementar su curiosidad.

Agrupación: los alumnos trabajan en grupos de cinco.

Recursos utilizados: la sesión debe realizarse en un aula con al menos un ordenador por grupo y, si es posible, se permitirá a los alumnos emplear sus propios teléfonos móviles para agilizar la búsqueda de información. Además se necesitarán cinco copias de cada una de las fichas del Anexo II.3.

5.5. Síntesis de un polímero biodegradable

Justificación: con esta sesión se pretende acercar a los alumnos al concepto de química verde. Para ello se visualizará un vídeo sobre las investigaciones realizadas en nuestro país para el desarrollo de materiales biodegradables. A continuación los alumnos sintetizarán su propio polímero biodegradable a partir de reactivos de uso común y que incluso pueden encontrar en sus casas. Con esta sesión se pretende que adquieran conciencia sobre las implicaciones positivas de la química, que no tiene por qué estar necesariamente asociada con la síntesis de productos tóxicos y nocivos.

Objetivos:

- Sintetizar un polímero biodegradable.
- Conocer algunas de las contribuciones de la química para el desarrollo de una sociedad sostenible.

Contenidos: fabricación de materiales plásticos y sus transformados: impacto químico; reacciones de polimerización; importancia de la química del carbono en el desarrollo de la sociedad del bienestar.

Temporalización: la sesión 7 consta de las siguientes actividades:

- 1) Visionado de un vídeo (12 minutos): el profesor enseña a los alumnos un vídeo sobre la investigación en plásticos biodegradables y biocompatibles llevada a cabo en el Instituto de Ciencia y Tecnología de Polímeros (CSIC). Enlace: https://www.youtube.com/watch?time_continue=685&v=hhz0KC5_VvY.
- 2) Síntesis de polímero biodegradable (38 minutos): la práctica se encuentra descrita en el Anexo II.4 y consiste en la síntesis de un polímero biodegradable a partir de almidón de maíz. Para minimizar riesgos se aconseja que la práctica se desarrolle de manera grupal, de forma que los alumnos son los encargados de preparar la mezcla de reacción y el profesor controla el proceso de calentamiento. Mientras la mezcla de reacción se está calentando, el profesor explica a los alumnos el proceso de polimerización que tiene lugar (ver guion del profesor en el Anexo II.4). También es aconsejable que indique a los alumnos que pueden obtenerse polímeros similares empleando cáscaras de plátano o mango, lo cual supone una opción muy interesante para el aprovechamiento de desperdicios alimenticios.
- 3) Análisis de los resultados: una vez transcurridas al menos 48 horas desde la realización de la práctica, se analizan las características del plástico obtenido y se

debaten sus posibles aplicaciones (fabricación de bolsas, recipientes para alimentos, etc).

Metodología: esta sesión fomenta la participación activa del alumnado y el trabajo colaborativo.

Agrupación: los alumnos trabajan de manera grupal.

Recursos utilizados: para esta sesión se necesita un aula con ordenador y proyector y un laboratorio con el instrumental indicado en el Anexo II.4.

Sugerencias: esta actividad también puede realizarse de manera transversal junto con la asignatura de Biología y Geología, analizando la degradación natural de los polímeros sintetizados con el transcurso de los meses.

5.6. Visita a planta depuradora de aguas residuales

Justificación: con esta sesión los alumnos siguen adentrándose en el concepto de química verde. Con la visita a la planta depuradora pueden apreciar la relación que existe entre el uso indiscriminado de materiales no biodegradables y la contaminación de las aguas. Cada día llegan a las depuradoras de Zaragoza varios kilogramos de materiales no biodegradables que deben ser eliminados antes de verter de nuevo las aguas (Gomar, 2018). Por ello, se considera interesante que los alumnos vean ese problema de manera directa para que aumente su concienciación al respecto. Además, gracias a las explicaciones del personal de la depuradora, podrán conocer los distintos procesos químicos aplicados para conseguir la limpieza de las aguas, redundándose en la idea de que la química es útil para el desarrollo de una sociedad sostenible.

Objetivos: conocer las implicaciones medioambientales que tiene el uso indiscriminado de materiales no biodegradables.

Contenidos: fabricación de materiales plásticos y sus transformados: impacto químico; importancia de la química del carbono en el desarrollo de la sociedad del bienestar.

Temporalización: la actividad se realiza en la estación depuradora de aguas residuales de la Almozara, que se encuentra en las afueras de Zaragoza. Por lo tanto, además de la duración de la visita debe considerarse el tiempo de desplazamiento:

- 1) Trayecto centro educativo-depuradora en autobús privado (15-30 minutos): durante el trayecto se explica a los alumnos que deberán tomar notas y fotografías/vídeos durante toda la visita para hacer su contribución al Padlet sobre la estación depuradora de la Almozara. El Padlet se realizará de manera colaborativa entre todos los alumnos y, para ello, se les proporcionará el siguiente link, que contiene la plantilla sobre la que deben añadir sus aportaciones: <https://padlet.com/vcalvosein/wdnavm6h22zr>. Para que las aportaciones no sean anónimas, los alumnos deberán incluir su nombre y apellidos en la descripción del recurso añadido, que puede ser un vídeo, fotografía, texto o enlace web.

- 2) Visita guiada a la depuradora (90 minutos): el recorrido incluye:
 - a. Explicaciones previas acerca del funcionamiento de la planta
 - b. Necesidad de tratamiento de las aguas residuales
 - c. Depuración de las aguas antes de su vertido al cauce natural
 - d. Tratamiento biológico de las aguasRecorrido por la planta depuradora

- 3) Trayecto depuradora-centro educativo en autobús privado (15-30 minutos)

Metodología: salida o actividad complementaria fuera del centro educativo.

Agrupación: la actividad se realiza de manera grupal.

Recursos utilizados: puesto que la estación depuradora no es fácilmente accesible mediante transporte público, se necesita contratar un autobús privado. Además, la visita debe concertarse previamente de manera presencial en la Oficina Técnica del Ciclo Integral del agua, por correo electrónico, teléfono o a través de Internet (https://www.zaragoza.es/ciudad/centros/detalle_Tramite?id=8803).

6. Propuesta de actividades de evaluación

En relación a la evaluación de proyecto didáctico, tendrá carácter formativo y se llevará a cabo de manera continua a lo largo de toda la propuesta, proponiendo a los alumnos múltiples actividades evaluables. Algunos de los instrumentos de evaluación que se proponen son:

1. Ficha realizada por los alumnos durante la sesión 3 (Anexo II.1). Se asignarán 1.25 puntos por cada casilla cumplimentada correctamente (hasta un total de 10 puntos).
2. Análisis del trabajo grupal realizado en la sesión 6. Se asignarán 10 puntos a aquellos grupos que hayan identificado correctamente la molécula y cuya exposición recoja las principales características de dicha molécula, 5 puntos a los grupos que identifiquen la molécula pero cuya exposición no explicita sus características y 0 puntos a los grupos que no la identifiquen.
3. Intercambios orales con los alumnos. Durante todas las sesiones se promoverá el diálogo con los estudiantes y se valorará de manera positiva su participación, que servirá para determinar el grado de comprensión de los distintos conceptos.
4. Análisis de los trabajos individuales elaborados por los alumnos en la sesión 5. Se asignarán 2 puntos por cada aspecto descrito adecuadamente: tipo de polímero, obtención, fórmula, características y usos (hasta un total de 10 puntos).

5. Evaluación de las aportaciones realizadas al Padlet sobre la estación depuradora de la Almozara. Cada alumno deberá aportar al menos una contribución (fotografía, vídeo, comentario o enlace web) al muro colaborativo.

Estos instrumentos son sólo un ejemplo de los que pueden emplearse para evaluar el trabajo de los alumnos durante la propuesta didáctica. No obstante, puesto que varios de los trabajos se realizan de manera grupal, para obtener una evaluación veraz de cada alumno tal vez sería recomendable la realización de más trabajos individuales. En cuanto a la evaluación del proceso de enseñanza, también se realizará de manera continua durante toda la propuesta didáctica, ya que es fundamental que el docente reflexione sobre la idoneidad de la propuesta tras cada una de las sesiones. De este modo podrá determinarse si las metodologías empleadas son adecuadas para la consecución de los objetivos planteados y podrán detectarse las posibles necesidades o dificultades que pueden surgir entre el alumnado. El objetivo principal de esta propuesta es que los alumnos mejoren su comprensión sobre la química de los compuestos orgánicos para que sean conscientes de la importancia de la química en la vida cotidiana y en la construcción de una sociedad sostenible. Por lo tanto, las metodologías empleadas se considerarán adecuadas siempre y cuando se consiga alcanzar dicho objetivo. Para evaluar su consecución se aplicarán diversos instrumentos de evaluación, entre los cuales se encuentran los descritos anteriormente.

Por último, también se evaluará la participación de los alumnos durante las sesiones ya que, en muchos de los casos, se trata de actividades grupales que requieren de la participación de todos los componentes para considerarse satisfactorias. En este tipo de actividades deberá asegurarse la cooperación de todos los miembros del grupo, que tendrán que trabajar de manera conjunta para conseguir el objetivo común.

7. Reflexión final

Durante el diseño de este proyecto se han tenido en cuenta las recomendaciones metodológicas especificadas en el currículo aragonés y, principalmente, las sugeridas por investigadores del área de didáctica de las ciencias. De esa manera se han planteado actividades que tratan de favorecer el aprendizaje significativo a través de una enseñanza para la comprensión y que se anticipan a las dificultades que suelen presentar los alumnos: interpretación incorrecta o imprecisa del nivel microscópico (atómico-molecular), percepción errónea sobre la composición de la materia viva y apreciación de la química como una materia alejada de la cotidianidad. Además, para poder detectar las posibles dificultades surgidas durante el desarrollo de la propuesta y adecuarla a las necesidades de los estudiantes, se han incluido actividades que promueven la participación del alumnado y permiten un diálogo continuo con el estudiante.

La dificultad principal a la hora de diseñar un proyecto de este tipo radica en la escasa bibliografía existente sobre metodologías para la enseñanza de la química del carbono; un campo todavía por explorar dentro de la didáctica de las ciencias. La estrecha relación de este área con distintos ámbitos de la vida cotidiana y el creciente desarrollo de nuevas tecnologías que tienen como base la química del carbono lo convierten sin embargo en un campo cada vez más atractivo para la sociedad en general y para los docentes en particular (García Salinas, 2016).

Además de su ya de por sí elevado carácter transversal, la química del carbono puede utilizarse para introducir el concepto de química verde durante la educación secundaria obligatoria y el bachillerato. Tal y como se ha planteado, eso puede hacerse a través de la enseñanza de los polímeros biodegradables o de las contribuciones de la investigación química para el desarrollo de procesos respetuosos con el medio ambiente. En ese sentido, más allá de los contenidos conceptuales que puedan desarrollarse con este proyecto, se ha considerado fundamental fomentar actitudes de mayor concienciación con el medioambiente y ofrecer a los estudiantes una visión más amplia sobre las contribuciones de la química a la sociedad actual.

A pesar de estar basado en investigaciones didácticas actuales, al tratarse de un proyecto didáctico meramente teórico y que no ha sido llevado a la práctica, puede haber diversos aspectos susceptibles de mejora. Además, como ya se ha mencionado, la propuesta deberá adaptarse en todo momento a las necesidades de cada grupo de estudiantes, ya que sólo de este modo se asegurará la consecución de los objetivos planteados.

8. Bibliografía

- Calvo-Flores, F. G. e Isac, J. (2013). Introducción a la química de los polímeros biodegradables: una experiencia para alumnos de segundo ciclo de la ESO y Bachillerato. *Anales de Química*, 109(1), 38-44.
- Cascarosa-Salillas, E., Fernández-Álvarez, F. J. y Santiago, F. J. (2018). Un estudio del uso de modelos moleculares en la didáctica del enlace covalente en bachillerato. *Reidocrea*, 7(16), 179-189.
- Chamizo, J. A. (2011). La imagen pública de la Química. *Educación Química*, 22(4), 320-331.
- Fernández Palacios, R. (2013). *Uso de los modelos moleculares en la enseñanza de la química orgánica en bachillerato: hibridación* (Trabajo Fin de Máster, Universidad de Valladolid). Recuperado de <https://uvadoc.uva.es/bitstream/10324/6967/1/TFM-G313.pdf>.
- García Salinas, M. J. (2016). *Metodología docente aplicada a la formulación: jugando con la química del carbono*. (Trabajo Fin de Máster, Universidad de Almería). Recuperado de

http://repositorio.ual.es/bitstream/handle/10835/6051/10592_Trabajo%20Fin%20de%20M%C3%A1ster_Marina_L%C3%B3pez_Garc%C3%ADa.pdf?sequence=1&isAllowed=y

- Garritz, A. (2011). La celebración del año internacional de la química: Las contribuciones de la Química al bienestar de la humanidad. *Educación Química*, 22(1), 2-7.
- Gomar, C. (2018). Las depuradoras de Zaragoza reciben 132000 kilos de toallitas. *Periódico de Aragón*. Recuperado de https://www.elperiodicodearagon.com/noticias/aragon/depuradoras-zaragoza-reciben-132-000-kilos-toallitas_1317907.html.
- Gomollón Bel, F. y García Laureiro, J. I. (2018). Adopta tu molécula. *Suplemento Tercer Milenio, Heraldo de Aragón*. Recuperado de <https://www.heraldo.es/noticias/sociedad/2018/05/17/reto-quimico-amarga-terapeutica-1244132-310.html>.
- Ley Orgánica 8/2013, de 9 de diciembre, para la mejora de la calidad educativa.
- Mascarell Borreda, L. y Vilches Peña, A. (2016). Química verde y sostenibilidad en la educación en ciencias en secundaria. *Enseñanza de las ciencias*, 34(2), 25-42.
- Mondelo Alonso, M., García Barros, S. y Martínez Losada, C. (1994). Materia inerte/materia viva. ¿Tienen ambas constitución atómica? *Enseñanza de las ciencias*, 12(2), 226-233.
- Odeti, H. S., Falicoff, C. y Ortolani, A. (2007). Disoluciones. En: Domínguez, J.M. (editor). *Actividades para la enseñanza en el aula de ciencias. Fundamentos y planificación*. Santa Fe (Argentina): Ediciones UNL.
- Orden ECD/494/2016, de 26 de mayo, por la que se aprueba el currículo del Bachillerato y se autoriza su aplicación en los centros docentes de la Comunidad Autónoma de Aragón.
- Pinto, G. (2013). *Didáctica de la Química y vida cotidiana*. Sección de publicaciones de la Escuela Técnica Superior de Ingenieros Industriales. Universidad Politécnica de Madrid: Madrid.
- Real Decreto 1105/2014, de 26 de diciembre, por el que se establece el currículo básico de la Educación Secundaria Obligatoria y del Bachillerato.
- Román Carracedo, R. (2018). *La química del carbono como unidad didáctica*. (Trabajo Fin de Máster, Universidad de Valladolid). Recuperado de <https://uvadoc.uva.es/bitstream/10324/31202/1/TFM-G828.pdf>
- STEM learning. (2019). Body chemicals. Royal Society of Chemistry. Recuperado de: https://www.stem.org.uk/system/files/elibrary-resources/legacy_files_migrated/33391-RSCBodychemicals.pdf

Tippins, D. J., Nichols, S. E. y Kemp, A. (1999). *Cultural myths in the making: The ambiguities of science for all*. Paper presented at the Annual Meeting of the National Association for Research in Science Teaching. Boston, MA.

ANEXOS


Anexo II.1. Actividad de formulación de compuestos orgánicos (sesión 3)

- Ejemplar para los alumnos

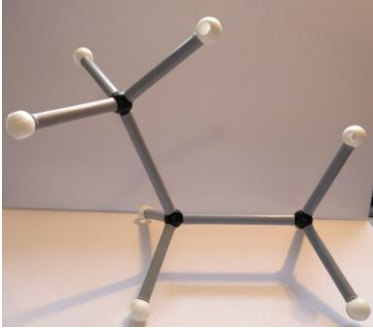



1. Claves para realizar los modelos moleculares

Elemento	Color núcleo del átomo	
Hidrógeno	H	Blanco
Carbono	C	Negro
Nitrógeno	N	Azul
Oxígeno	O	Rojo
Fósforo	P	Morado
Azufre	S	Amarillo
Metales	M	Plateado
Halógenos	Hal	Verde
Flúor	F	Verde claro
Cloro	Cl	} Verde
Bromo	Br	
Yodo	I	

2. Completad esta tabla de acuerdo al ejemplo

Compuesto	Fórmula química	Modelo molecular
Etano	C_2H_6	
Propano		
Diclorometano o cloruro de metileno		
Cloroetano (o cloruro de vinilo)		
Etanol		

- Ejemplar para el profesor¹

Compuesto	Fórmula química	Modelo molecular
Propano	C_3H_8	
Diclorometano (o cloruro de metileno)	CH_2Cl_2	
Cloroeteno (o cloruro de vinilo)	C_2H_3Cl	
Etanol	C_2H_5OH	

¹ Las imágenes incluidas son de elaboración propia.

Anexo II.2. Extracción de ADN de tomate (sesión 4, opcional)

- **Guion para los alumnos**

Extracción de ADN de tomate

En esta práctica vamos a aislar una de las biomoléculas más importantes, el ADN, a partir de células de tomate. Para ello, debes seguir las instrucciones que se indican en este protocolo.



Instrucciones

1. Prepara la disolución de extracción del ADN:
 - Disuelve 1'5 gramos de sal de mesa en 50 mililitros de agua destilada.
 - Añade sobre la disolución anterior 1 mililitro de detergente líquido.
 - Homogeneiza la mezcla cuidadosamente para que no se forme demasiada espuma.
2. Corta el tomate en trozos pequeños y colócalo en un vaso para batidora.
3. Tritura el tomate con ayuda de la batidora (a velocidad media) hasta obtener una pasta semilíquida de tomate. No lo tritures en exceso, con 1-2 minutos será suficiente.

Así se disgregan los tejidos para facilitar la rotura posterior de las células, dentro de las cuales se encuentra el ADN.
4. Corta un papel de filtro y colócalo sobre un embudo cónico para filtrar el jugo de tomate sobre un vaso de precipitados.

En esta etapa se eliminan los tejidos que no han sido totalmente disgregados por la batidora y las partículas sólidas que podrían interferir durante la extracción.
5. Mezcla la disolución de extracción del ADN y el jugo de tomate filtrado en un vaso de precipitados más grande y colócalo en un baño María a 60°C durante 10 minutos mientras remueves continuamente.

El detergente favorece la rotura de la membrana celular, que está compuesta principalmente por lípidos. Además, el detergente desnaturaliza las proteínas que se encuentran unidas al ADN (las histonas). El calor mejora el rendimiento del proceso.

6. Enfría la mezcla durante 5 minutos en un baño de hielo.
Con esto evitamos que el ADN se degrade por una exposición al calor demasiado prolongada.
7. Añade aproximadamente 5 mililitros de la mezcla anterior en un tubo de ensayo.
8. Con cuidado, añade sobre el tubo anterior 5 mililitros de etanol al 96° frío y agita suavemente para homogeneizar.
El ADN es insoluble en etanol, por lo que con esta etapa se consigue la precipitación del ADN presente en la muestra.
9. Deja reposar el tubo durante aproximadamente 5 minutos, hasta que observes una capa inferior (extracto de tomate) y una capa superior (alcohol).
10. Con ayuda de una varilla de vidrio, trata de capturar el ADN que hay en la interfase entre las dos capas realizando para ello movimientos circulares.
11. Si lo deseas, puedes liberar el ADN capturado en un tubo de ensayo que sólo contenga etanol al 96° frío.

- **Guion para el profesor**

Extracción de ADN de tomate

Material necesario

Las cantidades pueden variar en función del número de alumnos. Hay que considerar que los pasos 1-6 pueden realizarse de forma grupal y las etapas 7-11 de manera individual para que cada alumno obtenga una muestra de ADN.

- | | |
|----------------------|---------------------------|
| - 1 tomate | - Etanol al 96° |
| - Batidora con vaso | - 2 vasos de precipitados |
| - 1 embudo cónico | - Olla |
| - Papel de filtro | - Placa calefactora |
| - Tijeras | - Congelador |
| - Detergente líquido | - 1 varilla de vidrio |
| - Sal común | - 2 tubos de ensayo |

Realizar el día anterior

- Colocar el material necesario en los puestos del laboratorio
- Introducir una botella pequeña de alcohol al 96° en el congelador

Realizar justo antes de la práctica

- Poner un recipiente grande con cubitos de hielo y agua (baño de hielo)
- Calentar una olla con agua hasta alcanzar aproximadamente 60°

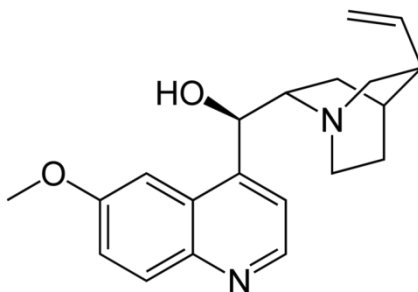
Anexo II.3. Actividad de identificación de compuestos orgánicos (sesión 6)²

- Fichas para los alumnos

Molécula n°1

Amarga y terapéutica

Soy la molécula que le da el sabor amargo a una famosa bebida y, a la vez, un tratamiento estupendo para la malaria. Además, brillo con luz propia en las discotecas. Si sigues mi historia encontrarás muchas pistas para desenmascararme.



Tengo veinte átomos de carbono y una enrevesada estructura policíclica

Abundo en un árbol

Como la cafeína, la nicotina y la morfina, soy un alcaloide. Pertenezco a esta amplísima familia de compuestos que sintetizan las plantas a partir de aminoácidos. Abundo en la corteza de un árbol sudamericano, pero no os voy a decir cuál que su nombre se parece demasiado al mío. Bueno, voy a daros una pista: la familia del susodicho árbol lleva el nombre de una localidad madrileña famosa por un delicioso licor de sabor anisado. Es un homenaje que quiso hacer el botánico y taxónomo Carl von Linneo a dos funcionarios españoles que, al volver de las Américas, me hicieron famosa en Europa.

Tradición quechua

Los nativos de las tierras incas, los quechuas, sabían perfectamente dónde encontrarme y para qué servía. Cuando tocaba curar calambres, resfriados y temblores, me buscaban.

² El material incluido en las fichas ha sido adaptado del concurso “Adopta tu molécula” (Gomollón Bel y García Laureiro, 2018).

Era la panacea. Y eso que los quechuas desconocían mi mayor habilidad terapéutica. Aquí donde me veis, con mis veinte átomos de carbono y mi enrevesada estructura policíclica soy un tratamiento estupendo para la malaria. Claro, tampoco es culpa de los incas no saber esto porque, aunque parezca increíble, entonces no había malaria por esos lares.

Serendipia

A principios del siglo XVII, un jesuita italiano que trabajaba en Perú pensó que si los quechuas me utilizaban para tratar temblores, quizás podría ser útil para curar la malaria. Al fin y al cabo, el temblor y los sudores fríos son algunos de los primeros síntomas de la enfermedad. De chiripa, pero acertó. Como con tantos y tantos avances de la humanidad, al principio la gente no se fiaba de mí. Pero, poco a poco, fui demostrando mi eficacia. De hecho, hasta 2006 fui la molécula favorita de la Organización Mundial de la Salud para tratar la malaria. Ahora los expertos prefieren la artemisinina, una molécula que también se extrae de una planta, el ajenjo.

Mezcla a bordo

En el siglo XVIII, el médico de la Compañía Británica de las Indias Orientales había oído hablar de mis superpoderes antimalaria y empezó a recomendar a sus marineros que me tomaran en dosis abundantes. Pero claro, soy una molécula amarga, así que los ingleses comenzaron a mezclarme con tónica. Y, al ver que la cosa no mejoraba, empezaron a añadir ginebra a la mezcla. Y azúcar, y lima, y todo lo que encontraban para hacer la mezcla algo potable. Y así nació uno de los cócteles más populares: el gin tonic.

Fluorescente

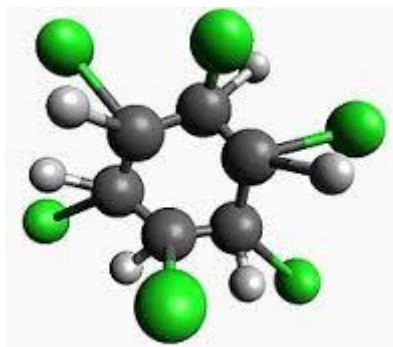
Ah, y no solo doy el amargor a la tónica. ¿Os habéis fijado alguna vez en que los gintonics brillan de forma muy característica en las discotecas? Eso también es culpa mía. Soy una molécula fluorescente y, cuando me iluminan con luz ultravioleta, emito luz visible de color azul celeste.

¿Sabéis ya qué molécula soy?

Molécula nº2

Una molécula persistente

La protagonista es una molécula caída en desgracia. Hace tiempo se usaba como si nada, incluso con niños. Hoy está prohibida. Su método de fabricación no es nada limpio y esta molécula ha dejado de ser apreciada.



Mi nacimiento

El primero que me preparó, a principios del siglo XIX, fue Michael Faraday. ¡Pero, cómo! ¿Faraday no era un físico que estudió la electricidad? Sí, el culpable de que no funcionen los móviles en los ascensores, el que da nombre al faradio. Pues sí, pero es que Faraday hacía de todo. En resumen, él me preparó pero no supo reconocerme. Hubo que esperar casi un siglo para que un químico holandés averiguara mi estructura y me diera nombre, un nombre que casualmente se parece mucho a su apellido.

En pesticidas y champús

Al principio, nadie sabía muy bien para qué utilizarme. Pero allá por los años cuarenta del pasado siglo, descubrieron que yo era muy eficaz cargándome bichitos, así que empezaron a comercializarme como pesticida para fumigar las cosechas. De ahí pasé a insecticida para mascotas y, finalmente, a los champús para niños. Cuando se trataba de combatir a los insidiosos piojos o a los molestísimos ardores de la sarna no tenía rival.

Proscrita

Pero tras esa época dorada vino mi declive. Primero empezaron a encontrarme efectos adversos para vuestra salud. Que si podía afectar al sistema nervioso, causar jaquecas y convulsiones, que si era irritante para la piel, que si me acumulaba en vuestros organismos. Y la peor de las acusaciones que pueden hacer a una molécula: ¡me dijeron que era un agente cancerígeno para humanos! Y, aunque todavía hay controversia en este punto, cuando te han llamado carcinógena una vez, es difícil quitarse semejante sambenito de encima. O si no, que le pregunten a mi pobre amiga acrilamida. Así que

mi uso se fue restringiendo poco a poco, hasta llegar al presente, en el que prácticamente se me ha prohibido en todo el mundo.

Demasiado rastro

Pero el problema no ha terminado ahí, ¡qué va! Resulta que me fabricaban usando el mismo procedimiento que descubrió Faraday. No era un método nada limpio, así que por cada tonelada de mí que se fabricaba, se generaban por lo menos otras ocho de otras moléculas muy parecidas que no valían para nada y que eran desechadas en vertederos. Como somos moléculas muy persistentes, no nos degradamos fácilmente, así que ahí siguen mis compañeras amenazando vuestra salud y el medio ambiente.

Culpables

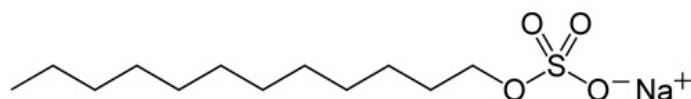
Os decía al principio que no toda la culpa de lo que pasa es mía. ¿Lo entendéis mejor ahora que os he contado toda mi historia? Fueron la codicia y la falta de controles por parte de las autoridades del momento las responsables de esos vertidos.

¿Sabéis ya qué molécula soy?

Molécula nº3

Una molécula muy ligona

Emulsiono champús y atrapo la grasa, cualidades muy apreciadas en el mundo de la cosmética. ¿Te animas a descubrir qué molécula soy?



Sabores

Acabas de lavarte los dientes, pero te apetece un trozo de chocolate. Bueno, por una vez no pasa nada. Vas a la cocina, te peleas con el papel de aluminio que envuelve la tableta y coges una onza. Todavía te sientes un poco culpable, pero aún así le pegas un bocado. ¡Arg! Está muy amargo. ¿Y eso? El karma, claro. Pues no, no es el karma. Es culpa mía.

Con forma de piruleta

Me presento. Soy una molécula con un nombre muy largo. Mi estructura química tampoco se queda corta, es una cadena de doce átomos de carbono, nada más y nada menos. Como podéis ver en la foto, tengo forma de piruleta (echadle un poco de imaginación). La cadena de carbonos sería el palito. Es un palito hidrófobo, que no se lleva nada bien con el agua. Mi cabeza, por el contrario, es hidrófila, hace muy buenas migas con el líquido elemento. ¡Somos moléculas anfipáticas! Moléculas algo trastornadas que amamos, y a la vez odiamos, al agua. Pero gracias a esta peculiar estructura somos las mejores en nuestro trabajo.

Ligo muy bien

Y ¿a qué me dedico?, os preguntaréis. Pues soy un tensioactivo, un emulsionante. Soy una molécula que favorece la formación de emulsiones. Sabéis lo que es una emulsión, ¿no? Esas mezclas sorprendentemente homogéneas de dos líquidos inmiscibles, como la mayonesa (aceite y agua bien ligaditos), la leche o las vinagretas. A veces, las emulsiones se cortan porque sus componentes se separan. Esto pasa porque no me llaman a mí. Gracias a las moléculas tensioactivas, las emulsiones se mantienen como tiene que ser: bien emulsionadas.

En el armario del baño

Si me buscáis entre los ingredientes de una mayonesa, seguro que no me encontráis. Pero si vais al baño y empezáis a mirar botes de cremas, pastas de dientes y champús, os vais a hartar de leer mi nombre. Soy el ingrediente común a todos vuestros cosméticos, y encima me pluriempleo. Además de favorecer que sean pastositos y cremosos, ayudo a quitar la suciedad. ¡Ya os he dicho que atrapo la grasa! Soy tan, tan, tan omnipresente que, aunque paséis varios días sin ducharos, yo sigo ahí, recubriendo vuestro cuerpo. Eso demostraron hace no mucho unos científicos. Estaban estudiando las bacterias que viven en vuestra piel y, por sorpresa, se encontraron concentraciones altísimas de tensioactivos como yo por todas partes.

¿Y el chocolate?

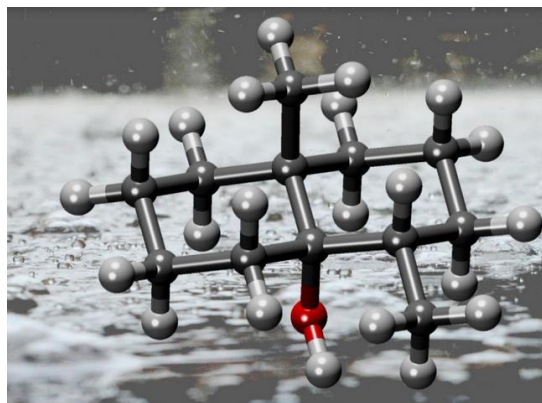
Harta de ser un desengrasante, busqué otras salidas profesionales. Y por fin, en 2001, unos científicos comprobaron que también soy un estupendo repelente de tiburones. Pero hay moléculas mensajeras (técnicamente se llaman semioquímicas) que son mucho más eficaces que yo, así que mi gozo en un pozo. Tuve que volver a la cosmética. Ah, ¿y lo del chocolate? ¿Por qué pasa? Pues pasa porque yo, además de emulsionar la pasta de dientes, bloqueo los receptores del dulce. Y, para más inri, potencio el sabor amargo. Vamos, que no me gusta que comáis después de lavaros los dientes.

¿Sabéis ya qué molécula soy?

Molécula nº4

Una molécula evocadora

Los humanos, y muchos animales, tenemos una especial sensibilidad para detectar su aroma: el olor característico a lluvia. Una habilidad que tiene mucho que ver con la supervivencia. Leed su historia, por el camino podréis averiguar cuál es esa molécula tormentosa y cuál el denso metal del que también os habla.



¿A qué huele la lluvia?

¿A que todos sabéis a qué huele la lluvia? Ese agradable olor que tiene la tierra recién mojada por sus gotas. ¿Os gusta ese olor? ¿Sabéis de dónde viene? Antes de decir: ¡de dónde va a venir, de la tierra! pensad en nosotras. La responsable a estas alturas no debería sorprenderos, soy yo, una molécula muy olorosa. No vengo de ningún componente de la tierra ni de las piedras (ni de las nubes). Me produce una bacteria que vive en el suelo. Descompone la materia orgánica (hojas caídas, cadáveres de los insectos... ¿nunca os habéis preguntado dónde iban a parar?). Cuando esta bacteria muere, deja el suelo impregnado de mí. Y cuando llueve y se moja todo el aire se salpica de mi olor característico.

Sobrevivir

Pero, ¿por qué me detectáis cuando hay menos moléculas que dinero a fin de mes? ¡Es un mecanismo de supervivencia adquirido gracias a la selección natural! Imaginad que vais por un terreno árido, muertos de sed, y, de repente, detectáis en el aire mi inconfundible aroma. Vuestros cerebros interpretan rápidamente el mensaje: ¡hay agua cerca, estamos salvados! De ahí que vosotros y animales como el camello detectéis mi presencia hasta en ínfimas cantidades. Olerme es útil para la supervivencia. Algunas flores se aprovechan de esta sensibilidad y liberan moléculas como yo al aire para atraer a los insectos que van en busca de agua, pero que acaban topándose con una flor repleta de polen esperando ser esparcido. Una buena estrategia reproductiva.

Sensible a los ácidos

Pero no todo son ventajas en esa facilidad de percibirme. A veces, por culpa de esa bacteria de la que os hablaba al principio, aparezco en las uvas y, al hacer vino con ellas, este adquiere un aroma a tierra húmeda que ya no os hace tanta ilusión. Otras veces aparezco en algún lugar de la cadena de abastecimiento de agua, dando un sabor desagradable a la misma. O en el pescado, sobre todo el que se cría en agua dulce. Pero os voy a dar un truco por si algún día os pasa esto y queréis deshaceros de mí: soy muy sensible a los ácidos. Así que simplemente cocinad con un poquito de vinagre o limón y lograréis que desaparezca.

Una pista

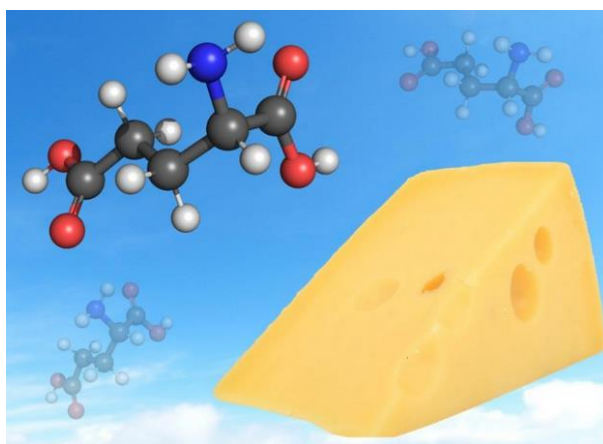
Mi nombre, en griego, significa, literalmente, olor a tierra. Hay otra molécula que también está asociada al olor a lluvia, y más concretamente al de las tormentas, cuyo nombre deriva de la misma raíz griega, aunque nada tiene que ver conmigo. A esa la conocéis más por un agujero que se ha hecho tristemente célebre. Puestos a dar pistas, existe un metal muy muy denso cuyo nombre proviene del mismo sitio.

¿Sabéis ya qué molécula soy?

Molécula nº5

La esencia del sabor

Estoy escondida en el queso parmesano y los champiñones. Mi sabor no es dulce ni salado; tampoco amargo ni ácido. Soy la molécula responsable del quinto sabor: el umami. Un aminoácido la mar de natural. ¿Os animáis a descubrirme?



Sabor

El azúcar es dulce. El café, amargo. El limón es ácido. Y si tomamos unos cristallitos de sal, sentiremos el cuarto sabor, el salado. Pero, ¿y si os digo que sois capaces de notar otro sabor del que nadie os habló en el colegio? Pensad en los tomates, el queso parmesano o los champiñones ¿A qué saben exactamente? Yo os lo digo: saben a ‘umami’ (sabroso, en japonés), un sabor descubierto por Kikunae Ikeda a principios del siglo XX. Observó que el caldo de alga kombu tenía un sabor particular nunca antes descrito y, tras varios experimentos de extracción y cristalización, logró aislarlo. Consciente de mi enorme potencial como saborizante, no tardó en patentar un método de síntesis para obtenerme de forma pura y cristalina.

Pistón

Supongo que a estas alturas todavía estaréis sorprendidos. Un nuevo sabor. Pues sí. Y esperad, que todavía hay más. Resulta que si os ponéis a mirar dentro de vuestro cuerpo encontraréis que hay un montón de moléculas como yo por ahí. Pero un montón. Os lo digo totalmente en serio. No tenéis más que mirar con atención a todas y cada una de vuestras proteínas. Enseguida notaréis que están hechas de aminoácidos, unas veinte moléculas diferentes que forman todas las proteínas de vuestro cuerpo (y las de todos los seres vivos). Pues bien, pista enorme: ¡yo también soy un aminoácido! Os daría más pistas si os digo que soy uno de los 12 aminoácidos no esenciales... pero no voy a ser tan tonta.

A toneladas

Resulta que el profesor Ikeda tenía razón y sé sabroso, umami. Al poco se desarrollaron diversos métodos para prepararme de manera pura, aunque el más utilizado hoy en día es un cultivo controlado de una bacteria que produce grandes cantidades de mí. Actualmente, me producen (y me consumen) sobre todo en Asia. Según los últimos informes, cada año se preparan más de dos millones de toneladas de moléculas como yo.

Síndrome del restaurante chino

Algunos me acusan de ser responsable del ‘síndrome del restaurante chino.’ Los restaurantes asiáticos tienen la fama de usarme a en grandes cantidades para condimentar su comida, y hay gente que dice que esto le causa dolores de cabeza, sudores, náuseas y palpitaciones. Sin embargo, los estudios científicos con doble ciego (los únicos de los que se fían los científicos, ya que eliminan la influencia del efecto placebo y el sesgo del observador) dicen que soy apto para el consumo. Que para ponerte malito tendrías que tomarme a cucharadas –más de tres gramos de golpe para empezar a notar algo–.

Un aminoácido natural

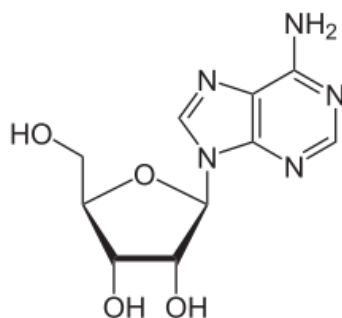
Además, no olvidéis que soy un aminoácido natural. Formo parte de todas las proteínas. Tomáis entre 20 y 40 veces más cantidad de mí yo ‘natural’, formando parte de diversos alimentos, que las dosis que suelen usarse de mí yo ‘sintético’ como aditivo.

¿Sabéis ya qué molécula soy?

Molécula nº6

Natural y atareada

Soy una molécula natural muy presente en vuestros organismos y con un montón de trabajo. Los científicos han demostrado que tengo un papel clave en la inducción del sueño, inhibiendo vuestro sistema nervioso. También influyo en la regulación del flujo y la presión sanguíneas; disminuyo ambos dilatando los vasos sanguíneos. No es extraño que juegue un papel importante en la hibernación. Quizás ahora os estéis preguntando si podríais usarme en dosis controladas para hibernar en los fríos meses de invierno. ¿Sería posible inducir la hibernación de los seres humanos? Esto todavía es ciencia ficción como tantas pelis donde los viajeros espaciales hibernan, pero se investiga en el tema. Tendría grandes implicaciones, y no solo para largos viajes espaciales. El cuerpo congelado de Walt Disney es una leyenda urbana, sí, pero quizá en un futuro conservar nuestros cuerpos sea una realidad.



Una mala noticia

También tengo una molécula que es mi archienemiga. Y la tomáis en taza todas las mañanas. Sí, estoy hablando de la cafeína. Resulta que ella y yo nos unimos a los mismos receptores en vuestros cerebros (somos como dos llaves que abren la misma cerradura). Cuando la cafeína llega antes que yo, bloquea mi capacidad de inducir sopor y podéis estar despiertos mucho más rato.

Moneda energética de las células

Pero ya os he dicho que soy una molécula muy pluriempleada. Cuando me fosfato (no, no tiene nada que ver con los abonos agrarios), mi actividad se multiplica. Me convierto en la 'moneda energética' de vuestras células, que se intercambia durante las reacciones biológicas. El euro del metabolismo, vaya. Otra molécula muy similar a mí, también fosfatada, actúa como recadera de hormonas como la adrenalina o el glucagón dentro de las células. Ellas dejan el mensaje en la parte exterior de la membrana celular, y mi prima fosfatada lo escucha desde el otro lado y lo transmite. Por cierto, ¿os he dicho ya que formo también parte del ARN? Con todas estas pistas...

¿Sabéis ya qué molécula soy?

- **Soluciones de las fichas**

- Molécula nº1: quinina
- Molécula nº2: lindano
- Molécula nº3: laurilsulfato sódico
- Molécula nº4: geosmina
- Molécula nº5: glutamato (o ácido glutámico)
- Molécula nº6: adenosina

Anexo II.4. Síntesis de un polímero biodegradable (sesión 7)

- Guion para los alumnos³

Síntesis de un polímero biodegradable

En esta práctica vamos a sintetizar un polímero biodegradable, es decir, un polímero que es degradado por las enzimas contenidas en los microorganismos. Se trata por lo tanto de un polímero respetuoso con el medioambiente, ya que se degrada de manera natural al cabo de unos meses. Polímeros muy semejantes, también biodegradables, pueden obtenerse a partir de cáscaras de plátano o peladuras de mango.

Instrucciones

1. Añade los siguientes componentes dentro de una olla de tamaño mediano:
 - 240 mililitros de agua destilada
 - 40 gramos de maicena (harina de maíz)
 - 60 mililitros de glicerol (propan 1,2,3-triol o glicerina)
 - 60 mililitros de vinagre blanco
 - 1 gota de colorante alimentario (opcional)
2. Remueve la mezcla con ayuda de una cuchara hasta observar una textura homogénea.
3. Enciende el fuego a nivel medio y continua removiendo la mezcla durante 5-10 minutos hasta apreciar un cambio en su densidad (la mezcla se vuelve más densa). En este punto, ten cuidado de que la mezcla no hierva y procura que no se evapore demasiado líquido.
4. Extiende la mezcla sobre una superficie antiadherente o colócala en un molde.
5. Espera al menos 48 horas hasta que el polímero se haya enfriado por completo y haya adquirido su consistencia final.

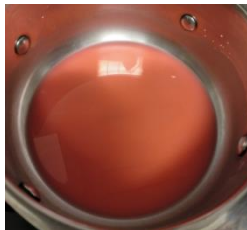
³ El protocolo se ha adaptado de Calvo-Flores e Isac (2013) y recursos de Internet (<https://www.ecologiaverde.com/como-hacer-plastico-biodegradable-con-maicena-1535.html>).

- **Guion para el profesor⁴**

Síntesis de un polímero biodegradable

Instrucciones

1. Mezclar los ingredientes en la olla: 240 mililitros de agua destilada, 40 gramos de maicena, 60 mililitros de glicerol, 60 mililitros de vinagre y colorante alimentario.
2. Remover la mezcla con ayuda de una cuchara hasta observar una textura homogénea. La mezcla resultante debe tener este aspecto:



3. Encender el fuego a nivel medio y remover la mezcla durante 5-10 minutos hasta apreciar un cambio en su densidad. La mezcla debe tener este aspecto:



4. Extender la mezcla sobre una superficie antiadherente o colocarla en un molde:



⁴ Las imágenes incluidas son de elaboración propia.

5. Transcurridas al menos 48 horas se obtiene un polímero bastante flexible:



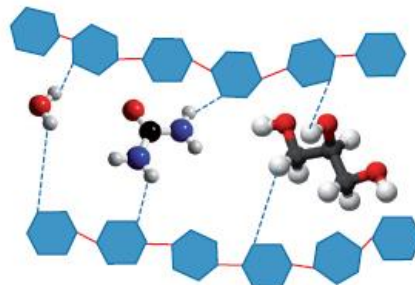
Material necesario

- Olla
- Placa calefactora
- Agua destilada
- Maicena (harina de maíz)
- Glicerina
- Vinagre blanco
- Colorante alimentario
- Cuchara
- Probeta
- Molde o superficie antiadherente

Explicación del proceso de polimerización

El almidón es un polímero de origen natural formado por moléculas de glucosa. Está presente en tubérculos como las patatas y en cereales como el maíz y, por lo tanto, es un componente fundamental de la alimentación humana.

Además, puede emplearse como base para la elaboración de polímeros semisintéticos por adición de moléculas como urea o glicerol, que se intercalan entre las cadenas del almidón modificando sus propiedades mecánicas (Calvo-Flores e Isac, 2013).



Plastificantes (glicerol, urea) intercalados en el almidón.
Imagen extraída de Calvo-Flores e Isac (2013).