



Trabajo Fin de Máster

El estudio del enlace químico en 4º de la ESO por
medio de metodologías activas en el aula

The study of chemical bonding in 4th ESO by
including active teaching-learning methodologies

Autora

Paula Molés Gascón

Director

Jorge Diego Lahoza Pérez

FACULTAD DE EDUCACIÓN

Año 2020/2021

ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN	2
1.1. Formación previa.....	2
1.2. Mi formación en el Máster de profesorado	3
1.3. Presentación del trabajo.....	4
2. ANÁLISIS DIDÁCTICO DE ACTIVIDADES REALIZADAS EN EL MÁSTER.....	4
2.1. Actividad 1: Transposición didáctica del concepto de polímero.....	4
2.2. Actividad 2: El estudio de la estequiometría	6
3. PROPUESTA DIDÁCTICA.....	8
3.1. Título y Nivel educativo: “El estudio del enlace químico en 4º de la ESO”	8
3.2. Evaluación inicial	8
3.2.1. Dificultades de aprendizaje e ideas alternativas.....	8
3.2.2. Diseño del cuestionario inicial	10
3.2.3. Resultados obtenidos.....	11
3.3. Objetivos didácticos	12
3.4. Justificación didáctica.....	13
4. DESARROLLO DE LA PROPUESTA.....	16
4.1. Contexto de aula	16
4.2. Organización, secuenciación y temporalización de la propuesta	16
4.3. Descripción y metodología de las actividades planteadas	18
4.3.1. Actividad 1: Iniciación	18
4.3.2. Actividad 2: Enlace metálico e iónico.....	19
4.3.3. Actividad 3: Enlace covalente.....	20
4.3.4. Actividad 4: Enlaces intermoleculares	22
4.3.5. Actividad 5: Propiedades de las sustancias	24
4.3.6. Actividad 6: Evaluación final.....	27
4.4. Criterios de evaluación y calificación de la propuesta	27
5. ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS DEL PROCESO DE ENSEÑANZA-APRENDIZAJE	28
6. ANÁLISIS CRÍTICO Y PROPUESTAS DE MEJORA	31
7. CONSIDERACIONES FINALES	33
8. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	35
9. ANEXOS	37

Nombre del alumno	Paula Molés Gascón
Director del TFM	Jorge Diego Lahoza Pérez
Tutor del Centro de Prácticas II	Luis Carlos Pérez Arteaga
Centro Educativo	IES Pablo Serrano
Curso en el que se desarrolla la propuesta	4º de la ESO
Tema de la propuesta	Enlace Químico

1. INTRODUCCIÓN

1.1. Formación previa

En primer lugar, presentarme, mi nombre es Paula Molés Gascón y voy a tratar de resumir en este apartado todo aquello que considero importante y que me ha llevado a estar donde estoy en estos momentos, catalogándolo así bajo el nombre de “mi experiencia personal y profesional” y que se va a intentar relatar en orden cronológico.

Para comenzar, he de decir que desde pequeña me ha gustado siempre enseñar, compartir lo que sabía con otras personas. Quizá el tener una hermana melliza ayudó en este sentido o simplemente era una vocación que estaba en mí y que acabaría despertando con el paso de los años. Sobre todo, desde que comencé a impartir clases. En este sentido mi trayectoria no es muy larga y mi experiencia está basada en grupos reducidos, principalmente impartiendo clases particulares de Física y Química y Matemáticas a estudiantes que cursan bachillerato de ciencias o alumnos de primer curso de carreras científicas. Por lo tanto, uno de mis retos y al mismo tiempo fuente de incertidumbre era saber cómo me sentiría ocupando el rol de docente de un grupo numeroso y donde los alumnos además fueran más jóvenes.

Sin embargo, antes de profundizar en este punto, que fue una de las razones por las que decidí apuntarme al Máster de profesorado, es necesario comentar mi recorrido académico, ya que va a determinar en gran medida algunas de las decisiones que se han tomado este año y que se comentarán a lo largo del Trabajo Fin de Máster.

Mis estudios de enseñanza secundaria y postobligatoria se desarrollaron en el instituto público Francisco Grande Covián, situado en el barrio de las Fuentes. Conforme pasaron los cursos fui descubriendo que las ciencias me llamaban más la atención que otras asignaturas, y en concreto la Química era la que más curiosidad había despertado en mí con el paso de los cursos, por lo que decidí continuar mis estudios por esta rama de las ciencias.

Estudié el Grado en Química en la Universidad de Zaragoza y siendo sincera no fue un camino de rosas, ya que fue necesario mucho sacrificio y esfuerzo para poder finalizarlo con éxito, pero sí que me permitió superarme a mí misma y llegar a entender y profundizar en ciertos aspectos que antes escapaban a mi imaginación.

En el último año del Grado, al haber más capacidad de elección por ser la mayoría de las asignaturas del segundo cuatrimestre de carácter optativo, decidí escoger aquellas que me generaban un mayor interés y muchas de ellas estaban relacionadas con la especialidad de Química Analítica. Por ello, el Trabajo de Fin de Grado que seleccioné pertenecía a esta área, y estaba relacionado con algo con lo que convivimos en nuestro día a día como es el envase alimentario y en concreto el fabricado con polímeros. Siendo el título de mi trabajo llevado a cabo en el Centro Politécnico Superior “Optimización de la técnica de extracción FPSE para la determinación de compuestos no volátiles presentes en la migración de biopolímeros basados en ácido poliláctico (PLA)”.

1.2. Mi formación en el Máster de profesorado

Como he comentado anteriormente la docencia es una profesión que siempre ha estado dentro de mis primeras opciones, de ahí que me apuntara al Máster de profesorado nada más acabar la carrera universitaria.

Algunas de mis motivaciones a la hora de inscribirme en este Máster fueron obtener el título para poder impartir docencia, así como adquirir formación para poder lidiar con adolescentes y llenar mi mochila de recursos y herramientas que pudiera implementar en mi futuro profesional como docente. Además, entre ellas también se incluye el poder enfrentarme a un aula de clase lo más real posible, siendo su profesora al uso durante una serie de sesiones, aunque digo lo “más real posible” porque en realidad sabía que si ocurría cualquier imprevisto podía contar con la ayuda y apoyo de mi tutor de prácticas, Luis Pérez Arteaga, algo que en el futuro no será posible. En definitiva, buscaba dar mis primeros pasos en esta profesión, que luego terminarán de consolidar la experiencia y los años.

Por ello puedo decir que con este Máster he podido cumplir casi todos los objetivos propuestos al principio, y digo “casi” porque el título que me acredita como docente todavía no lo tengo.

Con respecto a mi experiencia en el período de prácticas puedo decir que fue muy enriquecedora. En primera instancia seleccioné el IES Pablo Serrano por cercanía, ya que pertenezco al barrio de Las Fuentes, y porque era un ambiente en el que me podía sentir más cómoda al haber experimentado algo similar en mi etapa escolar. Sin embargo, al observarlo desde el otro lado parecía totalmente distinto. Por su localización, el IES Pablo Serrano es un centro de ámbito urbano y de bajo nivel socioeconómico que acoge a un gran número de alumnos, siendo una parte importante la Formación Profesional. Por otro lado, también incluye múltiples opciones de cursar enseñanzas tanto bilingües como plurilingües en inglés y francés (BRIT, PALE, BACHIBAC, etc.) en todas las modalidades educativas que ofrece el centro.

Sin embargo, lo que más me interesa destacar es la implicación del profesorado en numerosos proyectos de innovación, quedándome con una de las frases que mencionó uno de sus docentes: “Los institutos deben funcionar como rizomas y no como raíces”, en el sentido de que se necesita una cooperación por parte de todo el sistema educativo del centro, de forma que si una parte no funciona el resto lo siga haciendo. Estas palabras se reflejaron con hechos porque fue precisamente lo que observé en el IES Pablo Serrano durante mis dos períodos de estancia, *Practicum I y II*.

1.3. Presentación del trabajo

A continuación, se van a comentar en detalle por un lado dos de las actividades realizadas a lo largo del Máster y por otro, la secuencia de actividades desarrollada para alumnos de 4º de la ESO de la materia de Física y Química. Acabando así con unas consideraciones finales del proceso de enseñanza-aprendizaje experimentado.

2. ANÁLISIS DIDÁCTICO DE ACTIVIDADES REALIZADAS EN EL MÁSTER

2.1. Actividad 1: Transposición didáctica del concepto de polímero

Uno de mis primeros retos en el Máster de profesorado, por no decir el primero, fue enfrentarme a llevar a cabo una transposición didáctica en la asignatura de Diseño Curricular e Instruccional en Ciencias Experimentales durante el primer cuatrimestre. En ese momento te asaltan las dudas, no saber por dónde empezar, a pesar de que te hayan explicado el concepto y te hayan propuesto ejemplos modelo.

Mi primera decisión fue elegir un tema que conocía en mayor medida, como es el concepto de polímero, en concordancia con mi Trabajo Fin de Grado, y elegí uno de los artículos científicos que habían apoyado este. Tras consultar el currículo de Aragón, este tema fue adaptado al nivel de 1º de bachillerato y en concreto enmarcado en el bloque 4: “la química del carbono”.

La finalidad de esta transposición didáctica era acercar la química de los polímeros a la escuela, facilitando su aprendizaje por su conexión con objetos de uso cotidiano y vinculando lo aprendido sobre la estructura y propiedades con las nuevas tecnologías que se desarrollan en la actualidad.

Para cumplir con este objetivo general se plantearon los siguientes objetivos específicos:

1. Conocer las ideas preconcebidas de los alumnos sobre los polímeros como punto de partida para diseñar procedimientos y conseguir así que el saber aprendido no distara mucho de las concepciones científicas aceptadas.
2. Introducir el concepto de polímero, su clasificación en cuanto a su origen y como están constituidos, propiedades y aplicaciones más relevantes de los principales polímeros comerciales.
3. Sintetizar un polímero a partir de determinados monómeros para comprender el proceso de polimerización y el proceso de desintegración que pueden sufrir.
4. Valorar el impacto medioambiental de los polímeros, comprender la importancia de llevar a cabo análisis para garantizar la seguridad alimentaria y buscar soluciones de carácter más sostenible.

Estaba previsto impartir los contenidos a lo largo de una semana y que fueran necesarias tres sesiones de 50 minutos para abordarlos. Dos clases magistrales (sesión 1 y 3) y dos experiencias de laboratorio (sesión 2) basadas en la propuesta de la Universidad Nacional Autónoma de México en relación con la didáctica de las ciencias experimentales (Irazoqui y Garritz, 2004).

Sesión 1: ¿Qué sabe el alumnado sobre los polímeros?

La evaluación previa estaba pensada para realizarla en grupos de 4 o 5 personas, a los que se les iba a asignar objetos de la vida cotidiana para que reflexionaran sobre su composición y sobre que propiedades debían tener para el uso que se les da. De forma que se plantearan cuestiones que permitieran introducir los conceptos que se iban a exponer a continuación.

Una forma de facilitar la comprensión del concepto de polímero, macromolécula formada por la repetición de unidades más pequeñas denominadas monómeros, fue recurrir a un método visual como son los clips de colores (Calvo e Isac, 2013).

Cada clip se correspondía con un monómero, la unión de varios clips daba lugar a un oligómero y la unión de un número elevado de clips a un polímero. Se atendió a su clasificación según su estructura química y naturaleza. Con respecto a su estructura, se diferenció entre homopolímero, integrado por un solo tipo de monómero y copolímero, dos o más tipos de monómeros, recurriendo a la utilización de clips del mismo color y de distinto color, respectivamente. En cuanto a su naturaleza, se clasificaron en naturales y sintéticos. En el primer grupo, se trabajaron polímeros presentes en el cuerpo humano (proteínas, ácidos nucleicos, etc.), relacionándolos de forma transversal con la asignatura de Biología y Geología. En el segundo grupo se trabajaron principalmente los poliésteres (PET: botellas), poliamidas (nylon: utensilios de cocina) y poliolefinas (PP, PE y PS: bolsas y vasos).

Con esta sesión se pretendía hacer especial énfasis en que entendieran como el modo de fabricación y la unión entre las cadenas de polímeros va a determinar las propiedades del material y en consecuencia sus aplicaciones.

Sesión 2: Síntesis y degradación de polímeros

La primera experiencia, la síntesis del polímero nylon 6,10, la llevarían a cabo los alumnos en el laboratorio, formando grupos de trabajo. Con esta experiencia se quería introducir la definición de polimerización y los tipos más importantes, entre ellos la reacción por condensación que permitió obtener el nylon.

La segunda experiencia, la degradación de un vaso de poliestireno expandible al sumergirlo en acetona, la realizó el docente de forma demostrativa. Con esta experiencia se pretendía que los alumnos observaran como cambiaba la apariencia del vaso y ya no era posible verter la bebida en él, planteándoles así la complejidad de diseñar un material que no contamine el planeta, pero a la vez cumpla con las exigencias que se le piden para proteger al alimento.

Sesión 3: Salud medioambiental y alimentaria

Para poder resolver las cuestiones planteadas en la sesión anterior se les explicó que actualmente los polímeros predominantes son aquellos que provienen del petróleo por ser más económicos, sin embargo, presentan el gran inconveniente de requerir mucho tiempo para su degradación. De ahí el continuo estudio de nuevos materiales biodegradables, es decir, aquellos que se descomponen en el medioambiente. Para que ocurra esto se requiere que la macromolécula pueda interaccionar con los agentes biológicos, permitiendo así la rotura del polímero.

Aunque esto sería lo ideal una vez que el envase ha cumplido su función, puede ocurrir que mientras esté almacenando el alimento, ciertos oligómeros se desprendan del polímero y

lleguen a la comida. Para ello los laboratorios de investigación llevan a cabo ensayos de migración que consisten en poner en contacto el polímero con el alimento durante un tiempo y a continuación analizar los alimentos para ver si se detectan oligómeros y en qué cantidad.

En esta propuesta teórica, la evaluación iba a ser formativa y continua, valorándose la actitud y participación del alumnado a lo largo de las sesiones, su manipulación en el laboratorio y la entrega del guion de prácticas respondiendo a las preguntas planteadas, todo ello haciendo uso de una rúbrica para cada caso. Cumpliendo así con los estándares de aprendizaje que marca el currículo (4.7.1 al 4.14.1) y con los objetivos planteados al principio.

En el diseño de esta actividad ya se tuvieron en cuenta algunas de las destrezas que se estaban empezando a adquirir en el Máster como son la consulta de revistas de didáctica de las ciencias para poder seleccionar la metodología más adecuada para cada caso.

No obstante, es ahora tras mi paso por el Máster cuando tengo una visión más clara de que dinámica puede ser más efectiva y cambiaría ciertos aspectos de esta propuesta inicial. Mi propuesta actual sería plantear la evaluación inicial en una sesión anterior a la 1, para poder diseñar una secuencia de actividades más acorde con el nivel de partida de los estudiantes. También dedicaría los primeros minutos de la sesión 1 a informar a los alumnos sobre qué se espera de ellos y cómo van a ser evaluados, así como incluiría en las sesiones preguntas orientativas que facilitaran la discusión del alumnado. Asimismo, una buena opción sería realizar la sesión 3 en un laboratorio de investigación, donde podrían ver de forma más realista el trabajo que realizan y los equipos que utilizan para hacerlo posible, pudiendo después plantearse un trabajo de investigación sobre determinados polímeros y su influencia en la calidad de vida si el tiempo lo permitiera. Finalmente, sería necesario incluir unas preguntas finales para que el alumnado valorara la propuesta y proporcionara propuestas de mejora.

Esta actividad me ha servido en mi propuesta del *Practicum II* y como parte integrante de esta memoria TFM para incidir más en la importancia del estudio de las propiedades de los materiales que nos rodean y la necesidad de mostrarle al alumnado ejemplos que pudiera conocer. Igualmente, me permitió conocer más en profundidad los enlaces covalente e intermolecular que conforman las moléculas de elevado peso molecular, para posteriormente implementarlo en el estudio de moléculas más sencillas.

2.2. Actividad 2: El estudio de la estequiometría

La ciencia de los cálculos químicos denominada estequiometría fue un tema recurrente a lo largo de mi paso por el Máster, ya que realicé actividades que versaban sobre este tópico tanto en el primer como en el segundo cuatrimestre. En el primer cuatrimestre, mi Programación Didáctica de la asignatura de Diseño Curricular e Instruccional en Ciencias Experimentales fue sobre el bloque 3: “los cambios químicos”, en 4º de ESO, donde se abordaba este contenido, así como realicé mi trabajo final de Fundamentos de Didáctica de la Ciencias sobre el conocimiento didáctico de la estequiometría a lo largo de la etapa educativa. En el segundo cuatrimestre, en la asignatura de Innovación e Investigación Educativa en Física y Química, diseñé la secuencia a seguir al utilizar una simulación interactiva de la Universidad de Colorado que permitía trabajar la estequiometría, pero en este caso como introducción, enfocada para el curso de 3º de la ESO.

En la **Programación Didáctica**, se planteó trabajar la unidad de estequiometría de una forma más tradicional, donde el docente explicaba los conceptos clave a través de una clase magistral y posteriormente el alumnado realizaba una serie de ejercicios tipo en el aula. Aunque se incluyeron vídeos y simuladores para reforzar la explicación, estos tenían un carácter más complementario y no tanto como una pieza clave de la enseñanza.

La evaluación final de esta unidad se realizó de forma conjunta con la unidad de magnitudes y leyes básicas y consistía en la realización de un examen. Este constaba de ejercicios numéricos y preguntas que exigían tanto respuestas fijas como de carácter abierto. Al responder de forma individual a estas cuestiones, se conseguía una calificación máxima de 9/10. Para conseguir el último punto, cada fila de la clase (grupo de 4 o 5 personas) tenía 5 minutos para poner en consenso la respuesta a una de las preguntas abiertas/cerradas y elegir a un portavoz. Durante los últimos minutos cada portavoz tenía que explicar de forma razonada a qué conclusión habían llegado y el profesor tenía que evaluar su razonamiento, corrigiendo los posibles errores y aportando ideas de mejora.

En el **Trabajo de la asignatura de Fundamentos** se comprobó la importancia del conocimiento didáctico del contenido, haciendo referencia este a las distintas formas de representar y formular la materia de modo que sea comprensible para el oyente. Observando así que el docente necesita conocer de antemano aquello que facilita o dificulta el aprendizaje de los estudiantes, sus posibles ideas preconcebidas y en base a ello buscar las estrategias más adecuadas de enseñanza.

Los problemas de aprendizaje más comunes fueron la simplificación y falta de explicación del modelo que subyace, presentar un lenguaje multinivel, donde cada tipo no se explica en la misma proporción y una resolución fundamentalmente de tipo algorítmico. Siendo las posibles estrategias de aprendizaje el uso de analogías y juegos didácticos para explicar la estequiometría de una forma más activa y que conecte con la realidad. Entre ellas, la analogía del sándwich destacó por ser la más adecuada y versátil para introducir este concepto.

Por ello, en la **asignatura de Innovación** se hizo uso de esta analogía con la siguiente [simulación de PhET](#). En esta actividad se plantearon tres objetivos:

1. Establecer un primer contacto con la estequiometría relacionando acciones cotidianas con las cantidades de reactivos y productos implicados en las reacciones químicas.
2. Familiarizarse con el ajuste de las reacciones químicas.
3. Establecer una primera aproximación al concepto de reactivo limitante.

Esta simulación constaba de tres ventanas interactivas. La primera de ellas permitía introducir el concepto de ecuación química haciendo uso de una analogía cotidiana como es preparar un sándwich, donde era posible reconocer el ingrediente limitante, en exceso, así como modificar las cantidades para personalizar la receta. La segunda ventana de la simulación ofrecía las mismas posibilidades que la anterior, pero esta vez ya con moléculas. En la tercera ventana, se retaba a los estudiantes a descubrir el número de moléculas que faltaban en varias reacciones, distribuidas en tres niveles, cuya dificultad era progresiva.

Esta actividad estaba pensada para llevarla a cabo en el aula de informática tras una explicación previa del funcionamiento de la herramienta por parte del docente y la entrega a los alumnos de una guía o manual con las instrucciones de manejo y los pasos a seguir. El alumno debía ir

explorando la simulación, guiado en las dos primeras ventanas por el docente y en la última, que era la relativa al juego, se buscaba que aplicara lo aprendido de forma individual.

Al final en pequeños grupos se les pedía que compararan y compartieran las estrategias que habían utilizado para llegar a la solución correcta. A nivel individual, para conocer hasta qué punto los alumnos habían interiorizado los conceptos trabajados y la utilidad de esta herramienta TIC, se les entregaría una ficha con 4-5 preguntas de respuesta abierta referidas a dónde habían tenido más dificultades, si tras estas actividades sabrían explicar determinados conceptos, etc.

De alguna manera, se fue observando una evolución didáctica conforme fue transcurriendo el tiempo debido a una mayor comprensión del concepto de estequiometría y a la incorporación de nuevos recursos que pudieran complementar o sustituir los ya utilizados, ya no solo a la hora de plantear las actividades realizadas durante el Máster, sino también de cara a un futuro como docente.

Gracias a esta serie de trabajos vi la importancia del conocimiento didáctico de un contenido, como fue la estequiometría, para poder extrapolarlo al enlace químico. Asimismo, fue posible conocer más en profundidad diversas metodologías activas como pueden ser el uso de las TIC a través de simuladores o el aprendizaje cooperativo. Comprobando en ambos casos que las actividades donde se pusieran en práctica tenían que estar muy bien diseñadas y guiadas por parte del docente para que al alumnado le resultaran útiles, pudiendo así implementar lo aprendido en el desarrollo de la propuesta del *Practicum II* y perfilarlo en la propuesta del TFM. Finalmente, también fue posible conocer algunas dificultades que engloban el término estequiometría y que me resultaron de utilidad a la hora de profundizar en el enlace químico, para poder introducir la formación de moléculas y redes, así como tener en cuenta que la simplificación y generalización de los modelos no ayuda a la comprensión de los conceptos.

Por último, hay que decir que ha quedado constancia de la importancia de adoptar una evaluación de tipo formativo que ayude a mejorar el proceso de enseñanza-aprendizaje en el aula.

3. PROPUESTA DIDÁCTICA

3.1. Título y Nivel educativo: “El estudio del enlace químico en 4º de la ESO”

3.2. Evaluación inicial

3.2.1. Dificultades de aprendizaje e ideas alternativas

Las ideas alternativas son aquellas ideas que presenta el alumnado y que son inconsistentes con las concepciones comúnmente aceptadas por la comunidad científica, reflejando así múltiples causas de error. Estas pueden aparecer antes de si quiera haber comenzado un tema, influenciadas por el entorno, la experiencia, etc. y/o tras la enseñanza recibida, influyendo en el proceso de aprendizaje del alumno a la hora de aprender nuevos conocimientos y persistiendo a lo largo de los años si no son tenidas en cuenta por parte del profesorado.

Por ello, es necesario que el docente revise la literatura sobre ideas alternativas de los estudiantes con respecto al tema de estudio e identifique las concepciones previas de su grupo clase para poder diseñar la estrategia de aprendizaje más adecuada, partiendo siempre de su nivel inicial. Asimismo, esta debe alejarse de la enseñanza tradicional única, basarse sobre todo en los conceptos fundamentales y relacionar estos con la vida cotidiana y otras áreas que le resulten familiares al alumno para que el aprendizaje sea significativo. Estos aspectos están en consonancia con la revisión de ideas alternativas propuesta por Özmen (2004).

La Química es una rama de la ciencia que se caracteriza por su naturaleza abstracta y por la complejidad de su lenguaje, ya que requiere comprender los tres niveles en los que se instaura: macroscópico, microscópico y simbólico. Tal y como muestra el triángulo de Johnstone (Aguirre, 2008), el nivel macroscópico muestra aquello que es perceptible o medible, el nivel microscópico describe las uniones entre partículas y el nivel simbólico hace referencia al lenguaje, es decir, las fórmulas químicas (Danckwardt-Lillieström, Andrée y Enghag, 2020).

Dentro de la Química el enlace químico es un concepto clave y fundamental, ya que supone la base de la estructura de las sustancias (nivel micro) y esta a su vez de sus propiedades (nivel macro). Sin embargo, es uno de los temas más difíciles de entender o donde se desarrollan más concepciones erróneas, ya que requiere comprender previamente toda una serie de conceptos y establecer una relación entre las propiedades macroscópicas de las sustancias y el tipo de unión que presentan las partículas (átomos, iones y moléculas) a nivel microscópico. Soliéndose quedar los estudiantes en el nivel macro. Estas ideas se fundamentan en autores que han estudiado la evolución del enlace químico en la enseñanza secundaria y el bachillerato (García y Garritz, 2006; González, Aguirre, Fernández y Vázquez, 2018; Özmen, 2004).

En definitiva, se puede decir que el alumnado encuentra muchas dificultades a la hora de construir su modelo de enlace químico. En gran medida debido a la simplificación y generalización de los modelos de enlace. Por ello conviene dejar constancia de que realidad y modelo son cosas distintas y que este último nos permite explicar algo a lo que no podemos acceder, pero tiene sus limitaciones. Además, se debe ser muy riguroso con las explicaciones aportadas, utilizar siempre los mismos términos, definiciones y clasificaciones y empezar a trabajar la visión espacial del estudiante como destreza fundamental (Cascarosa, Fernández-Álvarez, Santiago, 2018; González, Aguirre, Cortes, Fernández y Vázquez, 2017).

Asimismo, de acuerdo con De Posada y Conejo (2000), otro factor en el que hay que incidir es en que las propiedades físicas dependen de la presencia de un conjunto de unidades (moléculas o redes) y no de unidades aisladas, por lo que se debe evitar el dibujo de una molécula o pareja de iones que pueda inducir a un error conceptual.

Con respecto a la formación de los enlaces (González et al., 2017, 2018), los estudiantes no identifican la causa de su formación con la existencia de fuerzas electrostáticas, sino que los consideran términos distintos, principalmente porque no se explican de esta manera en los libros de texto. Se tiende a considerar como única explicación del enlace químico el marco teórico de la regla del octeto, qué, aunque resulta muy útil para explicar la tendencia de los elementos, su exceso puede impedir el aprendizaje en cursos superiores, sobre todo si no se matiza que los átomos tienden a completar su capa externa (adquirir la configuración electrónica del gas noble más próximo) para que las sustancias alcancen el estado de mínima energía (estabilidad), es decir, las fuerzas de atracción y repulsión sean iguales (equilibrio de fuerzas).

Igualmente, los tipos de enlace se suelen presentar como entidades independientes, excluyendo la realidad de una continua escala entre ellos, considerando como verdaderos enlaces el covalente e iónico de forma dicotómica compartición/transferencia de electrones y no considerando al resto o clasificándolos aparte (García y Garritz, 2006; González et al., 2017).

En base a la experiencia que concuerda con las ideas recogidas en el artículo de De Posada y Conejo (2000) en el enlace covalente los alumnos no terminan de ver que cada átomo sea estable compartiendo electrones, suelen representar las moléculas (O_2) como elementos (O) y creen que los enlaces covalentes son débiles.

Según los autores consultados (De Posada, 1999; García y Garritz, 2006) en el enlace iónico los alumnos consideran iguales los términos átomo e ion, piensan que las cargas positivas y negativas son protones y electrones, respectivamente, tienden a tratar a los compuestos iónicos como covalentes, considerándolos moléculas discretas, o creen que este tipo de enlace solo se forma entre parejas de iones, ignorando las múltiples interacciones multidireccionales existentes en la red cristalina. Esta concepción de los compuestos iónicos como moléculas se ve reforzada por el uso de fórmulas químicas equivalentes.

Se muestra la conformidad con estos autores (De Posada y Conejo, 2000; González et al., 2018) en que el enlace metálico no está suficientemente asimilado por los alumnos. Estos no presentan todos los elementos que lo componen, ya que suelen dibujar átomos con electrones o cationes sin electrones, confunden las cargas negativas con los iones del metal o incluso llegan a decir que está formado por aniones y cationes, lo que correspondería con el enlace iónico. Otro aspecto que no comprenden es la razón por la que los metales conducen la corriente eléctrica.

Es cierto que los enlaces intermoleculares se presentan como simples fuerzas alejadas del resto de tipos de enlace y que no se llega a realzar su importancia, cuando en realidad son los responsables de la diferencia de estado de agregación de las sustancias moleculares y no los enlaces intramoleculares, concepción muy arraigada en los estudiantes. Esto se debe principalmente a la falta de distinción entre enlace inter e intramolecular, considerando que este último es más débil que el anterior y que incluso está presente en compuestos iónicos y metálicos. Estas ideas concuerdan con las de González et al. (2017) y Özmen (2004).

3.2.2. Diseño del cuestionario inicial

Para el diseño de las cuestiones iniciales se siguió la fase 1 de la siguiente estrategia de enseñanza (García y Garritz, 2006), referida a la explicitación de las ideas de los estudiantes, donde se les pidió que contestaran a una serie de preguntas sobre las propiedades de determinadas sustancias conocidas. En lugar de realizarse en sesión plenaria se adaptó a la modalidad individual.

Con este cuestionario de 5 preguntas (**Anexo I**) se pretendía conocer el punto de partida de los estudiantes con respecto al enlace químico, principalmente para detectar las posibles ideas alternativas, saber hasta qué punto sabrían razonar y comparar las propiedades de ciertas sustancias que nos rodean, así como conocer sus expectativas de futuro. Las preguntas fueron en su mayoría de carácter abierto y se dedicaron los primeros 10-15 minutos de la clase para que los alumnos pudieran responderlas.

3.2.3. Resultados obtenidos

Este cuestionario inicial se implementó en el grupo de 4º de la ESO durante la estancia en el IES Pablo Serrano. En cada cuestión se analizaron las respuestas proporcionadas por el alumnado y se categorizaron en tres niveles de aceptación (Tabla 1), en orden progresivo de profundidad, para tener una visión más clara del nivel de partida de los estudiantes. La cuestión 1 se correspondía con el concepto 1 (unión de los átomos), las preguntas 2 y 3 con el concepto 2 (Temperatura de Fusión y dureza) y la cuestión 4 con el concepto 3 (Conductividad Eléctrica de los metales). A excepción de la última pregunta, que no se tuvo en cuenta porque era meramente informativa del grado de interés del alumnado hacia la asignatura de Física y Química, donde se observó que casi todos los alumnos querían cursar bachillerato y posteriormente una carrera universitaria, de los cuales la mitad relacionada con las ciencias.

Para todos los conceptos se consideró en el nivel de aceptación 0 a aquellos alumnos que dijeron no saber la respuesta, la dejaron en blanco o no la justificaron. En el nivel 1 se encontraron aquellos alumnos que justificaron de manera incorrecta o sin la suficiente coherencia. El nivel 2 lo comprendieron aquellos que justificaron de forma razonada, pero todavía incompleta. En el nivel 3 de aceptación se encontraron aquellos alumnos que justificaron correctamente y se aproximaron más a los modelos científicos aceptados.

Los resultados cuantitativos demostraron que en el concepto 1 el nivel de aceptación mayoritario fue el 1, en el concepto 2 el nivel 2 y en el concepto 3 el nivel 1. Estos resultados obtenidos en el cuestionario inicial se muestran de forma comparativa con los resultados obtenidos en el cuestionario final en el apartado 5 de la memoria del TFM.

Tabla 1. Niveles de aceptación especificados para cada concepto.

CONCEPTOS	Nivel 0	Nivel 1	Nivel 2	Nivel 3
<u>CONCEPTO 1:</u> <u>UNIÓN DE LOS ÁTOMOS</u>	NS/ NC/ NJ	No reconocen la atracción o mencionan la atracción entre núcleos.	Reconocen la atracción entre cargas opuestas, formación de materia y existencia de enlaces químicos.	Reconocen las fuerzas de atracción, los distintos tipos de uniones (moléculas y redes) y el papel de los electrones.
<u>CONCEPTO 2:</u> <u>Tº DE FUSIÓN Y DUREZA</u>	NS/ NC/ NJ	Confusión de términos y hacen referencia a la densidad, el calor aplicado, la sensación, etc.	Mencionan la diferencia de Tº de Fusión y de estado de agregación, pero sin justificación.	Mencionan la diferencia de Tº de Fusión y de estado de agregación justificándolo con su fortaleza, separación de los átomos, etc.
<u>CONCEPTO 3:</u> <u>CE DE LOS METALES</u>	NS/ NC/ NJ	Justifican diciendo que tienen más e-, estos están más separados, dejan pasar la electricidad, etc.	Mencionan la presencia de cargas.	Reconocen las partículas de la red metálica, mencionan la presencia de cargas y hacen referencia a su movilidad.

Fuente: Elaboración Propia. (NS/NC/NJ: No Sabe/No Contesta/No justifica; Tº: Temperatura; e-: electrones; CE: Conductividad Eléctrica).

3.3. Objetivos didácticos

De acuerdo con el currículo de Aragón, el enlace químico se estudia por primera vez en el curso de 4º de la ESO de la materia de Física y Química y se incluye en el bloque 2, referido a la materia.

A continuación, se incluye una tabla resumen (Tabla 2) de los contenidos mínimos exigibles, criterios de evaluación y estándares de aprendizaje que se van a trabajar en la unidad didáctica del enlace químico.

Tabla 2. Contenidos mínimos, criterios de evaluación y estándares de aprendizaje de la unidad.

UNIDAD DIDÁCTICA: Enlace Químico		
Contenidos de la unidad	Criterios de evaluación	Estándares de aprendizaje
Enlace químico: iónico, covalente y metálico	<p>Crit.FQ.2.4. Interpretar los distintos tipos de enlace químico a partir de la configuración electrónica de los elementos implicados y su posición en la Tabla Periódica.</p> <p>Crit.FQ.2.5. Justificar las propiedades de una sustancia a partir de la naturaleza de su enlace químico.</p>	<p>Est.FQ.2.4.1. Utiliza la regla del octeto y los diagramas de Lewis para predecir la estructura y fórmula de las sustancias con enlaces iónicos y covalentes.</p> <p>Est.FQ.2.4.2. Interpreta la diferente información que ofrecen los subíndices de la fórmula de un compuesto según se trate de moléculas o redes cristalinas.</p> <p>Est.FQ.2.5.1. Explica las propiedades de sustancias con enlace covalentes, iónicas y metálico en función de las interacciones entre sus átomos, iones o moléculas.</p> <p>Est.FQ.2.5.2. Explica la naturaleza del enlace metálico utilizando la teoría de los electrones libres y la relaciona con las propiedades características de los metales.</p>
Fuerzas intermoleculares	Crit.FQ.2.7. Reconocer la influencia de las fuerzas intermoleculares en el estado de agregación y propiedades de sustancias de interés.	<p>Est.FQ.2.7.1. Justifica la importancia de las fuerzas intermoleculares en sustancias de interés biológico.</p> <p>Est.FQ.2.7.2. Relaciona la intensidad y el tipo de las fuerzas intermoleculares con el estado físico y los puntos de fusión y ebullición de las sustancias moleculares, interpretando gráficos o tablas que contengan los datos necesarios.</p>

Fuente: Currículo de Aragón.

Las principales competencias clave que se quieren alcanzar son la competencia matemática y competencias básicas en ciencia y tecnología (CMCT) y la competencia de aprender a aprender (CAA), tal y como especifica el currículo de Aragón en el bloque 2 de 4º de la ESO. La primera está estrechamente relacionada con la propia asignatura, por los contenidos que se abordan en

ella y la CAA se quiere conseguir a través de actividades dinámicas que precisan la participación del alumnado.

En concordancia con los estándares de aprendizaje, por los que van a ser evaluados los alumnos y la justificación didáctica que se detallará a continuación, se plantean los siguientes objetivos didácticos:

1. Conocer las ideas preconcebidas de los alumnos sobre el tema objeto de estudio, asentar los conocimientos previos necesarios e introducir una clasificación general de los tipos de enlace.
2. Comprender la formación de los distintos tipos de enlace a través del uso de la misma simbología y la representación tanto humana como con modelos moleculares.
3. Conectar el estudio del enlace químico con sustancias de uso cotidiano para realzar su importancia y favorecer su aprendizaje.
4. Potenciar el trabajo en equipo a través de la formulación de preguntas, discusión, aprendizaje cooperativo y la manipulación en el laboratorio.
5. Utilización de metodologías activas basadas en la contextualización, indagación y modelización para conocer las características de las sustancias que nos rodean.
6. Evaluar la efectividad de la propuesta diseñada, así como conocer las modificaciones que es necesario realizar antes de la siguiente implementación.

3.4. Justificación didáctica

En este apartado se va a justificar el diseño de la propuesta didáctica seguida, así como su secuencia y enfoque metodológico haciendo referencia a artículos de didáctica de las ciencias que corroboran su efectividad o recomiendan su uso en base a los resultados obtenidos.

En primer lugar, se ha querido que el proceso de enseñanza-aprendizaje sea de tipo constructivista, ya que este permite la evolución paulatina del alumno y la planificación detallada del docente (García y Garritz, 2006). Para ello se han considerado cinco componentes: análisis científico (una serie de preguntas que dirijan la enseñanza), análisis didáctico (concepciones alternativas y nivel de desarrollo operatorio) y finalmente una selección de objetivos y de estrategias tanto didácticas como de evaluación que permitan al docente que las diseña desarrollar su conocimiento didáctico del contenido.

La forma de verificar que los alumnos entienden los contenidos ha sido pedirles que planifiquen, justifiquen sus respuestas y expliquen con sus palabras esas ideas a otra persona o al resto de sus compañeros. Al decirles que predigan una situación o que intenten dar respuesta a una pregunta, antes de mostrarla con evidencias, se consigue un cambio conceptual en el alumno ya que se establece un aprendizaje significativo en lugar de rutinario, en el que la información es retenida por más tiempo y se puede aplicar a nuevos problemas (De Posada, 1999; Özmen, 2004).

En el estudio del enlace químico se ha seguido un modelo de enseñanza donde se introduce en primer lugar la naturaleza eléctrica de las partículas y posteriormente se enfatiza en las interacciones electrostáticas como base para todos los tipos de enlace. Considerándose esta una de las maneras más adecuadas para facilitar el aprendizaje del alumno en la etapa secundaria y el bachillerato (González et al., 2017; Tsaparlis, Pappa y Byers, 2019).

Para diseñar las distintas actividades que han conformado el TFM, se ha tenido en cuenta la siguiente propuesta de secuenciación didáctica para el aprendizaje del enlace químico (Caamaño Ros, 2016a) en la que se indica como primer paso distinguir entre estructura molecular y estructura gigante (red). Siendo las siguientes etapas modelizar los tipos de enlaces y deducir sus propiedades atendiendo a su estructura particular. En concreto el orden de estudio considerado óptimo según los autores consultados es comenzar por el estudio de las redes (metálicas, iónicas y covalentes), en este orden, y terminar con las moléculas discretas y enlaces intermoleculares para evitar el error conceptual de que las redes están formadas por moléculas (González et al., 2017; Tsaparlis et al., 2019).

Para ello en las actividades se han incluido materiales simbólicos y modelos visuales, como es el caso de los globos, porque favorecen la implicación directa del alumnado y le permiten recordar los conceptos ya vistos y comprender otros nuevos (Montejo, 2018). Además, este tipo de estrategias de carácter lúdico facilitan la comprensión de términos abstractos, así como permiten establecer una relación entre el mundo perceptible (macro), no visible (micro) y simbólico. Finalmente, permiten crear oportunidades para que los estudiantes interactúen y desarrollen su expresión corporal, algo que se limita en la enseñanza tradicional (Danckwardt-Lillieström et al., 2020).

Otros autores (Caamaño, 2019; Matus, Benarroch y Nappa, 2011) mencionan la importancia del uso del modelo atómico-molecular, como puede ser el modelo de bolas y varillas, y un modelo más formal como el de Lewis, como primera aproximación al enlace, para facilitar su aprendizaje y poder deducir o explicar las propiedades de los distintos tipos de sustancias.

Igualmente, se ha querido favorecer la transición entre el modelo de dos y tres dimensiones con el fin de que el alumnado pueda desarrollar su visión espacial a una edad más temprana (Cascarosa et al., 2018). Reflejando así la necesidad de proporcionar representaciones y explicaciones múltiples para que una misma información pueda ser entendida, conectándola con lo que el estudiante ya sabe y evitando una carga excesiva. Incluyendo alguna simulación de ordenador para apoyar esta idea (Matus, Benarroch y Perales, 2008).

Con respecto al enfoque de enseñanza se ha cambiado el modelo tradicional por uno más moderno, más perceptivo e iterativo, donde los tipos de enlace surgen como un intento de explicar las propiedades de las sustancias y no a la inversa (Caamaño, 2016b; Taber, 2016).

Para ello, un solo enfoque no es suficiente, se requiere una combinación de ellos para trabajar el enlace químico en su totalidad, siendo la contextualización, indagación y modelización los tres enfoques básicos para el aprendizaje de la competencia científica y para una mayor comprensión de los contenidos (Caamaño, 2011a, 2011b; Parchmann, 2011). Muestra de ello son proyectos exitosos como Salters Advanced Chemistry y su adaptación española para el bachillerato, Química Ciudadana y Chemie im Kontext Este último fundamentado en tres elementos: aprendizaje contextualizado, desarrollo de conceptos básicos y variedad en los métodos de enseñanza y aprendizaje.

La modelización se ha comentado con anterioridad al justificar el uso de una determinada simbología y la utilización de una serie de modelos, haciendo referencia a sus limitaciones, y los otros enfoques se van a comentar a continuación.

En las distintas actividades se ha primado la **contextualización** que consiste en el planteamiento de una situación-problema o una serie de preguntas que los alumnos tienen que resolver de forma justificada. En gran medida porque este contexto permite desarrollar posteriormente los conceptos y modelos (Caamaño, 2011a). Sin embargo, este aprendizaje situado también requiere de una buena instrucción por parte del docente y el trabajo autónomo y activo del alumno.

El método principal que se ha utilizado es la discusión, ya sea tanto en pequeños grupos como en sesión plenaria, para lograr así una visión integral del problema, contrastar diversas opiniones y llegar a ponerse de acuerdo para proponer una solución colectiva. Este método se pone en valor a través de la metodología de aprendizaje cooperativo, que consiste en trabajar conjuntamente para alcanzar objetivos comunes y lograr un mayor aprendizaje. En esta metodología el aula se divide en grupos de una determinada composición y tamaño, y dentro de cada grupo cada alumno asume un rol (moderador, secretario, aportador de ideas...). De esta manera habrá una interdependencia positiva ya que cada alumno conseguirá resolver la actividad propuesta solo si los demás componentes del grupo lo consiguen también, aprendiendo de forma conjunta (Johnson, Johnson y Holubec, 1999).

Además, la contextualización permite conectar la enseñanza de las ciencias con situaciones de la vida cotidiana de los estudiantes para captar su interés y conseguir acabar con esa creencia de que la ciencia no es necesaria para afrontar nuestro día a día, junto con el pensamiento de que es demasiado compleja e inaccesible para la mayoría de la gente (Blanco, España, Franco y Rodríguez, 2018).

Con el fin de cambiar esta mentalidad surgió el enfoque Ciencia Tecnología Sociedad (CTS), que tiene un doble propósito. Por un lado, relacionar la ciencia y la tecnología con la vida cotidiana de los alumnos, para hacerles ver que no es algo ajeno a ellos, y poder aumentar su motivación y curiosidad hacia el aprendizaje de las ciencias. Y, por otro lado, formar futuros ciudadanos con una base conceptual, actitudinal y procedimental que les permita tomar decisiones de forma responsable y crítica sobre los problemas científicos que atañen a la sociedad (Zenteno-Mendoza y Garritz, 2010).

El otro enfoque que se ha considerado es la **indagación**, resultando esta beneficiosa para el aprendizaje ya que se construye el significado a partir del diseño de procedimientos y permite la elaboración de modelos en el marco escolar (Caamaño Ros, 2011a). Sin embargo, es un proceso complicado debido principalmente a la falta de familiarización de los estudiantes con esta práctica y por ello requiere que el docente cuente con una serie de herramientas que le permitan guiar a los estudiantes, llegar a convertirse en su punto de andamiaje, y que sea capaz de seleccionar la más adecuada para cada contexto. Dentro de las opciones posibles se ha seleccionado una estrategia de andamiaje general que consiste en descomponer la tarea en varias para que al alumnado le resulte más manejable y además problematizada para animarlos todavía más a mostrar su opinión (Crujeiras-Pérez, 2017).

Asimismo, para favorecer la indagación de las propiedades de las sustancias el ambiente más adecuado es el laboratorio ya que la realización de experiencias permite aumentar el interés y mejorar la actitud del alumnado hacia las ciencias, a la vez que complementa la explicación teórica y facilita la comprensión de los conceptos (González, Aguirre, Toledano, Cézar y Váquez, 2019; Pinto, 2016).

4. DESARROLLO DE LA PROPUESTA

4.1. Contexto de aula

Esta propuesta que se va a desarrollar está pensada para llevarla a cabo con el mismo grupo de estudiantes a los que se impartió docencia durante la estancia en el IES Pablo Serrano y que cursaban la optativa de Física y Química en cuarto curso de la ESO. El aula de 4ºA está integrada por 22 alumnos, 16 chicos y 6 chicas, los cuales no presentan una gran desmotivación y tienen un nivel académico medio-alto. El horario de este grupo está dividido en dos clases de 50 minutos los miércoles, una antes y otra después del recreo, y otra clase los viernes.

Esta propuesta se ha diseñado de forma que se ocupe el papel de docente de este grupo clase desde el inicio del curso y suponiendo que la situación socio-sanitaria en la que estamos inmersos actualmente tiene carácter temporal, por lo que no va a afectar a la secuencia de actividades en el momento de su puesta en práctica.

Asimismo, hay que mencionar que el alumnado tiene carencias en cuanto a formulación por no haberla visto el curso anterior, así que la profundidad en ese aspecto no va a ser exhaustiva a lo largo de esta unidad didáctica, sino que se va a limitar a la introducción de unas reglas generales y la presentación de las sustancias más conocidas. En una unidad didáctica posterior ya se profundizará y evaluará este contenido junto con la nomenclatura.

4.2. Organización, secuenciación y temporalización de la propuesta

Según el calendario académico de 2020-2021, los alumnos de 4º de la ESO reciben 3 h semanales de la materia de Física y Química. Teniendo en cuenta que en el IES Pablo Serrano las clases son de 50 min, finalmente se imparten 2h y media a la semana. Por lo tanto, se dispone de 89 h lectivas para impartir todo el curso, descontando todos los festivos que afectan al grupo de 4ºA.

De estas 89 h, no se tiene en cuenta el 20% por posibles actividades adicionales como excursiones, charlas, repaso de exámenes y exámenes extraordinarios, entre otras causas. Con las 71 h definitivas se divide la asignatura en tres evaluaciones, dedicando 26, 23 y 22 h, respectivamente. El bloque 2 “La materia” se va a introducir en la primera evaluación, tras el bloque 1 referido a la actividad científica, y van a ser necesarias 23h para abordar todos los contenidos. Particularizando, para el enlace químico, que es la unidad que se va a desarrollar, van a ser necesarias cuatro semanas para llevar a cabo las seis actividades, divididas en 13 sesiones de 50 minutos cada una (Tabla 3). Estas sesiones se desarrollarán en los meses de octubre y noviembre.

Tabla 3. Seis actividades donde se detalla para cada sesión los contenidos, objetivos y tareas.

	Sesión	Contenidos	Objetivos	Tareas
Actividad 2: Metálico e Iónico	1	Propiedades, tendencia de los elementos y tipos de enlaces.	Conocer el nivel de partida, repasar los contenidos previos y establecer los tipos de enlaces.	Cuestionario inicial, preguntas y discusión.
	2	Formación enlace metálico e iónico.	Comprender cada tipo de enlace y formular los compuestos iónicos.	Preguntas y discusión, ejercicios de compuestos iónicos (cuaderno).
	3	Propiedades enlace metálico e iónico.	Comprender el concepto de red y conocer las propiedades de cada tipo.	Representación de las redes y discusión de las propiedades (cuaderno).
Actividad 3: Covalente	4	Formación del enlace covalente.	Comprender el enlace covalente, introducir el modelo de Lewis y formar moléculas sencillas.	Preguntas y discusión, representación diamante y moléculas.
	5 y 6	Moléculas con modelos moleculares.	Manejar modelos moleculares e introducir aprendizaje cooperativo.	Construcción de moléculas (prueba escrita) y cuestionario de valoración grupal.
Actividad 4: Intermoleculares	7	Enlace intra e intermolecular y propiedades sustancias moleculares.	Diferenciar enlace intra de intermolecular, reconocer sustancias de interés biológico y conocer propiedades.	Experiencia de cátedra, preguntas y discusión (cuaderno).
	8	Tipos de enlaces (Van der Waals y de hidrógeno).	Conocer ejemplos de la vida cotidiana.	Preguntas y discusión y prueba escrita.
Actividad 5: Propiedades	9	Punto de partida	Contextualizar y presentar actividad.	Diseño de la estrategia (prueba escrita).
	10 y 11	Estudio de las propiedades	Manejo en el laboratorio y clasificación sustancias.	Experiencia de laboratorio (prueba escrita).
	12	Puesta en común	Asentar lo aprendido.	Esquema y tarea para casa (prueba escrita).
Actividad 6: Final	13	Evaluación final	Conocer la efectividad de la propuesta.	Cuestionario final, cuestionario de valoración de la propuesta y juego.

Fuente: Elaboración propia.

4.3. Descripción y metodología de las actividades planteadas

4.3.1. Actividad 1: Iniciación

Sesión 1: Cuestionario inicial, repaso y tipos de enlaces

En primer lugar, los alumnos responderán de forma individual al cuestionario inicial recogido en el **Anexo I**. A continuación, se procederá al repaso de la tabla periódica para introducir el enlace y los tipos de enlace. Esta sesión se introducirá tras haber explicado en la unidad didáctica anterior la clasificación de los elementos en metales, no metales y gases nobles, su localización en la tabla periódica y su configuración electrónica.

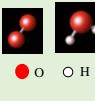
Utilizando como medio de apoyo una presentación de PowerPoint y recurriendo a la formulación de preguntas como estrategia para deducir el grado de comprensión, se repasarán conceptos como átomo neutro, cuando se dice que es estable y que querrán hacer los átomos metálicos, no metálicos y gases nobles para alcanzar esa estabilidad. Distinguiendo así entre los que quieren perder electrones (formar cationes), ganar electrones (formar aniones) o quedarse como están, respectivamente.

Asimismo, se resaltará que los electrones de interés son los de la última capa o nivel de cada elemento, ya que los electrones de las capas más internas al estar muy atraídos por el núcleo no van a participar. A través de la siguiente pregunta: ¿de dónde obtienen los electrones o a quién los ceden? se introducirá el concepto de enlace químico como unión de los átomos para formar un sistema estable. Al mencionar la estabilidad se comentará que el enlace como tal no existe, los átomos no están unidos por barras en la realidad, sino que es una modelización que se hace para representar a qué distancia tienen que estar los átomos para que las fuerzas de atracción y repulsión sean iguales y las sustancias resultantes sean estables (su energía sea menor que la de los átomos por separado). Esta aclaración se hará para que entiendan el trasfondo, sin llegar a profundizar demasiado y se irá mencionando a lo largo de las sesiones.

En la pizarra se explicarán en detalle los cuatro tipos de enlaces (metálico, iónico, covalente e intermolecular), tal y como se muestra en la Tabla 4, y se pondrá un ejemplo de cada tipo. Este último tipo de enlace surge como resultado de la presencia de un número elevado de moléculas en las sustancias moleculares. Finalmente, con la siguiente pregunta: ¿los gases nobles forman enlace? se incidirá en que son estables como átomos aislados y por lo tanto no forman enlace. En esta actividad se evaluará el que contesten a las preguntas formuladas.

Tabla 4. Clasificación detallada de los tipos de enlace.

Combinación	Tipo de enlace	Características	Partículas	Estructura	Dibujo
Metal - Metal	Metálico	Perdida de electrones (electrones alrededor)	Iones positivos (cationes) Electrones	Red metálica	
No Metal - Metal	Iónico	Uno gana y otro pierde electrones (transferencia de electrones)	Iones negativos (aniones) Iones positivos (cationes)	Red iónica	

No Metal - No Metal	Covalente	Ganancia de electrones (compartición electrones)	Átomos	Red covalente (Anexo II)	
	Covalente (Intramolecular)		Átomos	Moléculas (Anexo II)	
Molécula - Molécula	Intermolecular		Moléculas	Sustancias moleculares	
Gases nobles	No enlace		Átomos	Átomos aislados	

Fuente: Elaboración propia.

Además, se aclarará que en la naturaleza las sustancias no están formadas por dos átomos, sino que presentan un número elevado de átomos, por lo que las interacciones se establecen entre todos los átomos y no solo entre parejas de átomos. Resaltando así la distinción entre la formación de redes, moléculas y átomos aislados.

4.3.2. Actividad 2: Enlace metálico e iónico

Sesión 2: Formación del enlace metálico y enlace iónico

Mediante una clase de tipo magistral, aunque pidiendo la colaboración del alumnado, se repasarán la formación de los enlaces metálico e iónico vistos en la sesión anterior. Con respecto al enlace metálico se harán preguntas cómo: ¿qué ocurre cuando solo hay átomos metálicos?, ¿qué quieren hacer?, ¿qué hacen cuando nadie quiere los electrones?, ¿qué partículas se pondrán en juego?, ¿qué estructura formarán?, etc.

Con respecto al enlace iónico se harán preguntas similares al metálico y se introducirá la formulación de compuestos iónicos poniendo como ejemplo en la pizarra el LiF (Anexo III). En ese momento se indicará que los compuestos iónicos se escriben de tal forma que el átomo metálico se coloca a la izquierda y el no metálico a la derecha y que los compuestos resultantes tienen que ser neutros (mismo número de cargas positivas y negativas). Se explicará haciendo uso tanto de ecuaciones químicas como sin ellas para que cada alumno elija la manera que le resulte más sencilla. Finalmente, se les dejará tiempo para que en el cuaderno planteen como formarían un compuesto iónico formado por Ca y F, así como otro de Li y N. De forma que el docente se desplazará por el aula para resolver las posibles dudas que puedan surgir y el último paso será escribir en la pizarra las soluciones de los ejercicios junto con el nombre del compuesto (pidiendo voluntarios para resolverlos). En los ejercicios se incidirá en que valencia y subíndice son términos distintos (Anexo III).

En función del tiempo disponible se plantearán más ejercicios en el aula (Mg y O; Ca y N) o estos quedarán como tarea del alumno para que pueda repasar. El material de apoyo que permite complementar la sesión se indica en el Anexo IV.

Sesión 3: Propiedades del enlace metálico y enlace iónico

En esta sesión se recrearán las redes metálicas e iónicas. Para el caso de las redes metálicas, cada alumno (solo la mitad de los alumnos para reducir el número de globos) sentado en su silla simbolizará un átomo de plata y estarán dispuestos de forma ordenada. A cada uno se le entregará un globo inflado, simbolizando este el electrón de su última capa, necesario para formar el enlace metálico. Cuando el docente de la señal, los lanzarán al aire, convirtiéndose los alumnos en cationes Ag^+ y golpearán los globos suavemente para que se muevan entre todos ellos, recreando así la nube de electrones (-) en continuo movimiento entre los cationes plata (+), que por atracción electrostática da lugar al enlace metálico.

En el caso de las redes iónicas, será necesaria una explicación previa para aclarar que solo se representan con globos los electrones de la última capa que van a entrar en juego, ya que es inviable utilizar siete globos para el cloro y se perdería la esencia de lo que se está explicando. La mitad de la clase desempeñará el papel de átomo de sodio y recibirá un globo cada uno, la otra mitad será átomo de cloro. Se formarán seis filas, tres de átomos de sodio y tres de átomos de cloro de forma alternada. Cada átomo de sodio de una fila se colocará enfrente de un átomo de cloro de otra fila, de forma que el cloro pueda coger el electrón del átomo de sodio, formándose así los iones Na^+ y Cl^- . De esta manera entre todas las filas se puede reflejar la atracción entre cargas positivas y negativas para dar lugar al enlace iónico.

Tras formar cada tipo de enlace se les preguntará acerca de sus propiedades y estas las copiarán en el cuaderno. Otra opción sería la indicada en el **Anexo V**. Para el estudio de las propiedades de las redes iónicas y redes metálicas se utilizará como medio de apoyo una presentación de PowerPoint donde las preguntas que se les harán y las conclusiones a las que se llegará se muestran en la Figura 1. Se introducirán propiedades como fragilidad, ductilidad y maleabilidad durante la formación de las redes, así como la conductividad eléctrica asociada a la movilidad de las cargas, tanto en la estructura como en disolución. Para mostrar la solubilidad de los compuestos iónicos el docente les presentará la siguiente [simulación de Edumedia](#).

<i>¿Qué propiedades crees que tendrán las sustancias formadas por redes metálicas?</i>	<i>¿Qué propiedades crees que tendrán las sustancias formadas por redes iónicas?</i>
<ul style="list-style-type: none">- ¿Serán sólidos, líquidos o gases? Sólidos- ¿Serán fáciles de fundir? NO, temperaturas de fusión altas- ¿Serán duros? Duros, pero dúctiles y maleables- ¿Se disolverán en agua? NO se disuelven en agua- ¿Conducirán la electricidad? SÍ conducen la electricidad <p>Otras propiedades: muy densos y con brillo metálico</p>	<ul style="list-style-type: none">- ¿Serán sólidos, líquidos o gases? Sólidos- ¿Serán fáciles de fundir? NO, temperaturas de fusión altas o muy altas- ¿Serán duros? Duros, pero frágiles- ¿Se disuelven en agua? SÍ se disuelven en agua- ¿Conducirán la electricidad? En estado sólido NO, en estado líquido SÍ

Figura 1. Propiedades de las redes metálicas e iónicas. Fuente: Elaboración propia.

En esta actividad se evaluará su participación en la formación de redes y discusión de las propiedades, así como su disposición a la hora de realizar los ejercicios.

4.3.3. Actividad 3: Enlace covalente

Sesión 4: Formación del enlace covalente

Para comenzar a trabajar el enlace covalente, al igual que para el metálico e iónico se harán preguntas cómo: ¿qué ocurre cuando solo hay átomos no metálicos?, ¿qué quieren hacer?,

¿qué hacen cuando nadie les da electrones? recordando así la compartición de electrones en este tipo de enlace.

A continuación, se mencionará que algunos elementos no metálicos al combinarse consigo mismos, como es el caso del carbono, dan lugar a redes covalentes muy fuertes como son el grafito y el diamante, siendo este último el que representarán en el aula. Para ello tres alumnos, con ayuda del docente y otros compañeros, desempeñarán el papel de carbono y llevarán cuatro globos cada uno, simbolizando así los cuatro electrones de su última capa, y se intentarán unir para ser más estables, reflejando así la formación de la red covalente.

Sin embargo, se incidirá que en la naturaleza la mayoría de los átomos no metálicos no se encuentran formando redes sino uniones de átomos más discretas que reciben el nombre de moléculas. El siguiente paso será introducir el modelo de Lewis, en el que se simplifica el dibujo del núcleo con sus capas de electrones por el símbolo del átomo, rodeado de tantos puntos como electrones tiene en su última capa. Despues, se irán planteando moléculas en orden progresivo de dificultad. En la pizarra el docente les mostrará las moléculas de H_2 y F_2 , para introducir el concepto de enlace sencillo como un par de electrones compartidos y mencionar la presencia de pares de electrones solitarios en el caso del F_2 . A continuación, el docente les planteará que respondan a las siguientes preguntas en el cuaderno: ¿cómo construiríais la molécula formada por 1C y 4H? ¿y la formada por 1N y 3H? En todas ellas se incidirá en la configuración electrónica, en los electrones de la última capa y en resaltar que los electrones que necesitan para ser estables (cumplir la regla del dueto u octeto) serán los mismos que van a compartir.

Una vez que hayan comprendido el funcionamiento, se les propondrá a ellos que formen otras moléculas sencillas (H_2O , O_2 , N_2 y CO_2) con su cuerpo, donde al igual que en las redes el globo simboliza cada electrón de la última capa que entra en juego, para incidir en el uso de la misma simbología. El procedimiento será pedir 7 voluntarios en total para la construcción de todas las moléculas. Tras la formación de cada molécula se hará un repaso en voz alta del número y tipo de enlaces (sencillos, dobles o triples) que se forman, así como se verificará que la molécula resultante sea estable. Para finalizar se les hará la siguiente pregunta: ¿que costará más romper un enlace doble o triple?, para que distingan la fortaleza de los tipos de enlace.

Sesión 5 y 6: Construcción de moléculas con modelos moleculares

En estas sesiones se reforzará la comprensión del enlace covalente en la formación de moléculas haciendo uso del modelo de bolas y varillas. En primer lugar, se les indicará el color que le corresponde a cada átomo, tal y como se muestra en el **Anexo VI**, que varillas se utilizan para simbolizar enlaces sencillos y cuales dobles, así como se les pondrá el ejemplo de las moléculas de O_2 y N_2 vistas en la sesión anterior.

Una vez comprendido el manejo de los modelos moleculares, se les explicará en que consiste la actividad, indicándoles que van a tener que construir por grupos 5 moléculas, tanto en dos como en tres dimensiones, es decir, respondiendo por escrito a las preguntas que se indican en el **Anexo VII** y construyendo las moléculas con los modelos. En el caso de los modelos no se representarán los pares de electrones solitarios.

El único material adicional del que dispondrá cada grupo será una tabla periódica. Se les indicará que a la hora de formular las moléculas se sigue el mismo criterio que en la tabla periódica, el que está más a la derecha en la tabla periódica se escribe a la derecha y los otros se escriben a su izquierda conforme se desplazan a la izquierda en la tabla.

A continuación, se les indicará que formen 5 grupos de 4-5 personas, siguiendo el criterio de proximidad, y se le dará a cada grupo una bolsa con las bolas y varillas necesarias para construir las 5 moléculas propuestas y cuyos resultados tendrán que entregar al docente (uno por grupo). Se seguirá la metodología de aprendizaje cooperativo, en la que, en cada grupo, dos o tres alumnos manipularán los modelos, otro desempeñará el papel de secretario y recogerá por escrito las respuestas que da el grupo a cada molécula y finalmente otro alumno hará de portavoz del grupo. Para finalizar, cada grupo defenderá delante de la clase la justificación de una molécula y el docente evaluará el razonamiento del portavoz, así como corregirá los posibles errores y aportará ideas de mejora. Antes de la sesión 13 se les informará de la calificación obtenida.

Tras finalizar esta actividad se les pasará un cuestionario de tres preguntas (**Anexo VIII**) que tendrán que responder de forma individual para comprobar como ha sido el trabajo en equipo y que se tendrá en cuenta para la siguiente actividad grupal.

En esta actividad se evaluará la participación en la formación de la red covalente y moléculas, así como la prueba escrita (ficha + exposición).

Para que los alumnos practiquen la formación de moléculas en casa se les proporcionará la siguiente [simulación de PhET](#).

4.3.4. Actividad 4: Enlaces intermoleculares

Sesión 7: Enlace intra e intermolecular y propiedades de las sustancias moleculares

En esta sesión se incidirá en el hecho de que con pocos átomos no metálicos se pueden formar moléculas muy distintas, algunas bastante complejas, mostrándoles imágenes de moléculas presentes en el cuerpo humano como pueden ser los lípidos (colesterol y ácido palmítico), azúcares o carbohidratos (glucosa y fructosa), proteínas (hemoglobina) y ácidos nucleicos (ADN), para ver si las reconocen, haciendo uso del [simulador Molview](#).

Se les indicará que hasta ahora se han visto los enlaces que unen los átomos dentro de una molécula (intramolecular), que reciben el nombre de enlaces covalentes y son fuertes. Sin embargo, en la naturaleza las sustancias no están formadas por una molécula sino por millones, por lo tanto, existe un tipo de enlace adicional que se produce entre las moléculas (intermolecular), que es de carácter débil, y que va a determinar las propiedades de las sustancias moleculares, así como los distintos estados de agregación.

Para mostrar la conexión con el día a día se les formularán las siguientes cuestiones: ¿os habéis preguntado alguna vez por qué en invierno se empaña todo el cristal del coche? o ¿por qué se congela toda la botella de agua si la dejas el suficiente tiempo? demostrando así que existen fuerzas de atracción entre las moléculas a lo largo de toda la sustancia.

A continuación, se formularán el mismo tipo de preguntas que para los enlaces metálicos e iónicos para establecer las propiedades de las sustancias moleculares, tal y como muestra la Figura 2, y que anotarán en el cuaderno. Para facilitar la discusión se les recordarán ejemplos que se encuentran en la naturaleza y que se han presentado con anterioridad, como puede ser, las moléculas de oxígeno y dióxido de carbono presentes en la respiración, el agua que bebemos

o las moléculas de glucosa que forma parte del caramelo. No se hará referencia a la polaridad y se mostrarán ejemplos visuales para reforzar su carácter blando, como meter el dedo en el agua.

<i>¿Qué propiedades crees que tendrán las sustancias formadas por moléculas?</i>	
-	¿Serán sólidos, líquidos o gases?
	Sólidos, líquidos o gases
-	¿Serán fáciles de fundir?
	SÍ, temperaturas de fusión bajas o muy bajas
-	¿Serán duros o blandos?
	Blandos
-	¿Se disolverán en agua?
	Depende del tipo
-	¿Conducirán la electricidad?
	NO conducen bien la electricidad

Figura 2. Propiedades de las sustancias moleculares. Fuente: Elaboración propia.

Finalmente, se realizará una experiencia de cátedra sencilla, en la que serán necesarios un vaso de cristal con agua y distintos materiales sólidos (moneda, clip, macarrón, cubito de hielo...). Antes de ponerla en práctica, de forma oral se les harán las siguientes preguntas: ¿qué es más densa una moneda o el agua líquida? ¿y entre un clip y el agua líquida? ¿y en el caso de un macarrón? ¿y un cubito de hielo? ¿cómo lo comprobaríais? Esto permitirá incidir que, por norma general, los sólidos son más densos que los líquidos, ya que, al estar las partículas más agrupadas, ocupan menos volumen y en consecuencia su densidad es mayor (se hunden). ¿Por qué no sucede lo mismo en el caso del hielo? Esta pregunta quedará pendiente para la siguiente sesión.

Sesión 8: Tipos de enlaces intermoleculares

En línea con la sesión anterior, se les volverá a formular la misma pregunta: ¿por qué no sucede lo mismo en el caso del hielo? o en otras palabras ¿por qué el hielo flota en el agua líquida si es un sólido? Tras un pequeño debate en el aula, se les indicará que, entre determinadas moléculas, como puede ser el agua, se establecen enlaces intermoleculares, pero de un tipo específico, que se denomina enlace de hidrógeno y se produce cuando el átomo de Hidrógeno de una molécula se une al F, O o N de otra molécula. Asimismo, se les indicará que en estado sólido el número de enlaces de hidrógeno entre las moléculas de agua es mayor que en estado líquido, formándose así una estructura más extensa (mayor volumen) y en consecuencia presentando una menor densidad. Esta justificación permite la vida acuática en zonas muy frías, gracias a la capa de hielo superficial. En el **Anexo IX** se indica el material de apoyo que permite complementar la sesión.

Aparte del agua, se les mencionarán otros ejemplos de sustancias biológicas que presentan enlaces de hidrógeno como por ejemplo el ADN, que mantienen unidas las bases nitrogenadas de las cadenas de la doble hélice (moléculas) y le confieren esa estructura tridimensional.

El siguiente paso será comentar la existencia de otro tipo de enlaces intermoleculares como es el caso de los enlaces de van der Waals, donde solo se mencionarán ejemplos de fuerzas de dispersión, sin introducir este concepto, y no las fuerzas dipolo-dipolo, porque no se pretende abordar la polaridad. Con la siguiente pregunta: ¿por qué las sustancias moleculares que presentan moléculas de H₂, O₂, F₂, Cl₂ o CH₄ se encuentran en la naturaleza como gases, en el caso del Br₂ como líquidos y el I₂ como sólidos? se les introducirá que cuanto mayor es el número de electrones de las moléculas de las sustancias, más fuertes son los enlaces intermoleculares y su temperatura de fusión y ebullición es mayor, aunque siguen siendo bajas

en comparación con las redes metálicas, iónicas y covalentes. Además, se comentará que los enlaces de Van der Waals son más débiles que los enlaces de hidrógeno.

Para verificar que hayan entendido el contenido de la sesión se les dará una hoja con las tres preguntas que se indican en el **Anexo X**, que responderán de manera individual y el docente las recogerá al finalizar la clase. Estas preguntas han sido obtenidas del Libro de Física y Química de 4º de la ESO de la editorial SM (Cañas, Viguera, Caamaño y de Prada, 2016) y algunas de ellas modificadas teniendo en cuenta los contenidos a impartir. Esta hoja les será entregada en una clase posterior con las respectivas correcciones y su calificación.

En esta actividad se evaluará la participación en la discusión de las propiedades y la experiencia de cátedra, así como la prueba escrita de los enlaces intermoleculares.

4.3.5. Actividad 5: Propiedades de las sustancias

Con esta actividad se pretende que el alumnado ponga en práctica sus conocimientos sobre el enlace químico y las propiedades fisicoquímicas de las sustancias, que se han trabajado en las sesiones anteriores, siguiendo un enfoque metodológico de contextualización e indagación, acompañado del carácter manipulativo del laboratorio. En cualquier caso, se introducirá alguna pista o refuerzo para guiar a los estudiantes.

Sesión 9: Punto de partida

En esta primera sesión, en el aula de clase se les explicará en detalle en qué consiste la actividad y que se espera de ellos. Se les presentará a los alumnos, tanto de forma oral como por escrito (Figura 3), la siguiente situación:

“Como responsables del laboratorio de análisis químico del Ayuntamiento de Zaragoza tendréis que analizar una muestra de agua procedente del río Ebro, debido a una denuncia por posible contaminación producida por alguna de las fábricas de la zona”.

Entre las posibles fábricas contaminantes se encuentran:

- 1. Salazones Martínez:** se dedican a la salazón casera de bacalao utilizando sal marina de alta calidad.
- 2. Pirotecnia Estelar:** son expertos en la fabricación de fuegos artificiales, utilizando carbón vegetal, integrado únicamente por átomos de carbono.
- 3. Repostería La Rica:** fabrican dulces artesanos, pero no utilizan aditivos, solo azúcar (derivado de la glucosa).
- 4. Metalurgia Titanic:** fabrican, entre otras cosas, limaduras de hierro que se utilizan para mostrar el efecto magnético en prácticas de laboratorio.

Para solucionar el problema deberéis encontrar la fábrica responsable del vertido. ¡¡Ánimo!!

Figura 3. Ficha proporcionada al alumno, donde no se han incluido los titulares “observaciones y predicciones” y “diseño de la estrategia a seguir”. Fuente: (Crujeiras-Pérez, 2017) pero adaptada a los contenidos impartidos y al empleo de materiales sencillos.

Una vez explicada la situación, el docente les pedirá que formen los mismos grupos que para la construcción de moléculas (salvo modificaciones) y le entregará a cada grupo una muestra del agua contaminada y la hoja indicada en la Figura 3. Se les informará de que en ese momento no pueden realizar ninguna prueba (la muestra está precintada), solo analizar lo que observen a simple vista, pero el próximo día sí que tendrán en el laboratorio el material necesario para medir todas las propiedades que se han estado trabajando y que tienen copiadas en el cuaderno.

Así que, en ese momento, en la misma hoja donde se explica la situación, tendrán que anotar en el apartado observaciones y predicciones, todo aquello que les parezca característico de la muestra, así como sus posibles hipótesis de cual es o no es la fábrica contaminante de manera justificada, en función de la sustancia que produce cada fábrica. Una vez cumplimentado este paso, tendrán que llenar el siguiente apartado, que hace referencia al diseño de la estrategia a seguir en el laboratorio, indicando los pasos que van a seguir de forma ordenada y las conclusiones que pueden obtener en cada paso. Se les indicará que disponen de los apuntes de clase, así como de la ayuda del docente para cualquier consulta.

Estas hojas serán recogidas al final de la sesión para que el docente pueda observar la propuesta de cada grupo y ofrecerles un feedback en la siguiente sesión.

Sesiones 10 y 11: Estudio de las propiedades

Estas sesiones tendrán lugar en el laboratorio del instituto de manera seguida, tras haber pactado un cambio con el docente de la clase anterior o posterior por una clase de la próxima semana. Se dedicarán los primeros 10-15 minutos a terminar de diseñar la estrategia en función de las recomendaciones aportadas. A continuación, se les mostrará y explicará los materiales de los que disponen y con los que cuenta cada grupo, a excepción de algunos de los de temperatura de fusión, que por seguridad los utilizarán bajo la supervisión del docente. Se indicarán con papeles dos secciones: muestras y materiales de laboratorio e instrumentos, este último a su vez se dividirá en temperatura de fusión, conductividad y materiales comunes para todas las experiencias. En cada apartado habrá una nota con las indicaciones, que tendrán que leer obligatoriamente. Además, se insistirá en que sean ordenados y cuidadosos con el material.

Muestras

Una muestra del agua contaminada (P) y cuatro muestras sólidas desconocidas etiquetadas con las letras A, B, C y D, cada una correspondiente a una fábrica, pero sin indicar el nombre del contaminante ni la fábrica a la que pertenece. Las sustancias con las que se corresponde cada letra se indican en el **Anexo XI**.

Material de laboratorio e instrumentos

Temperatura de fusión: El material que conservará el docente será un soporte de laboratorio con pinza y nuez, mechero bunsen y cerillas. Cada grupo dispondrá en su puesto de trabajo de una franela o recipiente comercial de aluminio y un cronómetro. Los tiempos que se indican a continuación son orientativos, se adaptarán tras realizar una prueba de toda la experiencia antes de ponerla en práctica con el alumnado.

Indicaciones: Añadir una pequeña cantidad de cada sustancia en cada uno de los huecos del recipiente en el puesto de trabajo antes de acudir a medir la temperatura de fusión. Pedir la ayuda del docente para medir esta propiedad. Si el docente está ocupado midiendo la temperatura de fusión con otro grupo pasar al siguiente punto de la estrategia. Se considera

temperatura de fusión baja o muy baja: si funde nada más ponerla a la llama, alta: si funde durante los 30 segundos y muy alta: si no funde pasados 30 segundos.

Conductividad: Un sistema para medir la conductividad, compuesto de generador de corriente (pila de petaca) y bombilla LED y una huevera o cubitera de plástico. En función del material disponible en el laboratorio se valorará la posibilidad de utilizar conductímetros.

Indicaciones: Antes de introducir los electrodos (extremos) en la sustancia a determinar comprobar que se enciende la bombilla juntando los dos extremos. Si la bombilla se enciende, la sustancia es conductora sino no. Los electrodos deben limpiarse con agua destilada y secarse con papel tras cada uso. Solo se medirá la conductividad en disolución en aquellas sustancias que sean solubles en agua. Se aconseja agitar bien las disoluciones antes de introducir los electrodos.

Materiales comunes

Cuchara o espátula, papel para secar, agua destilada y varilla.

Para analizar los resultados que vayan obteniendo se les aconsejará la construcción de una tabla en la que indiquen para cada sustancia las propiedades estudiadas. Un prototipo de tabla es la que se muestra en el **Anexo XII**. Además, se les informará que aparte de indicar la fábrica contaminante deben asignar el tipo de enlace que le corresponde a cada sustancia entre los siguientes: iónico, metálico, intermolecular o covalente (formando red covalente).

Se espera que los alumnos estudien las propiedades de cada muestra desconocida para saber con qué sustancia real coincide, especificando su tipo de enlace y de esta manera poder asociarla con su respectiva fábrica. El siguiente paso sería estudiar las propiedades de la muestra problema y compararlas con las anteriores para determinar la fábrica responsable del vertido. Al final de la sesión entregarán al docente un informe donde se recoja la tabla construida, sus observaciones, las tareas que han realizado junto con su justificación y las conclusiones a las que han llegado.

Sesión 12: Puesta en común

La última sesión de la actividad 5 consistirá en la puesta en común de los resultados obtenidos en cada grupo, así como la estrategia que han seguido, que dificultades han encontrado, si la conclusión a la que han llegado era distinta de la predicción inicial, etc. Finalmente, se llegará a un consenso entre todo el grupo clase y el docente con la ayuda del alumnado construirá en la pizarra un esquema del camino a seguir para decidir la clasificación de una sustancia desconocida, indicando las preguntas que hay que formularse y las posibles respuestas.

Se les mandará como tarea para casa que cada alumno suba a la plataforma de Classroom una hoja de Word donde diga dos verdades y una mentira sobre algo relacionado con la unidad didáctica del enlace químico (tipos de enlace, propiedades...) y justifique por qué es falsa esa opción, tal y como se muestra en el **Anexo XIII**. Esta tarea será corregida y calificada de forma online.

En esta actividad se evaluará la prueba escrita (ficha inicial y final), la participación en la puesta en común y la prueba escrita de dos verdades y una mentira.

4.3.6. Actividad 6: Evaluación final

Sesión 13: Cuestionario final, tarea dos verdades y una mentira y valoración de la propuesta

Un día antes de esta sesión se publicarán en la plataforma Classroom las calificaciones de cada alumno, detalladas en las distintas partes, para que los alumnos puedan consultarlas y en los últimos minutos de la clase puedan preguntar dudas o hacer reclamaciones.

En primer lugar, los alumnos responderán a un cuestionario final (**Anexo XIV**) compuesto de cuatro preguntas que tratan los mismos contenidos que las cuestiones iniciales y donde tendrán que seleccionar en cada caso la respuesta falsa y justificar su respuesta. Este cuestionario lo recogerá el docente para su comparación con el cuestionario inicial y luego se comentarán en sesión plenaria las soluciones a este cuestionario. Entre las tareas subidas al Classroom se seleccionarán las cuatro o cinco mejores y en clase los autores de esas propuestas saldrán uno a uno, leerán la cuestión y las posibles opciones y cada uno retará a un compañero a que deduzca la respuesta falsa de forma justificada. Finalmente, se les entregará una ficha con cuatro cuestiones en la que valorarán de forma individual la propuesta y el papel del docente (**Anexo XV**).

4.4. Criterios de evaluación y calificación de la propuesta

Se propone una evaluación de tipo formativa y continua en la que los alumnos serán previamente informados de la manera en la que se les va a evaluar, así como la dinámica que se va a seguir en cada sesión. La evaluación se dividirá en dos bloques: **trabajo personal y participación (25%) y pruebas escritas (75%)**.

Los cuestionarios de evaluación inicial y final no se tendrán cuenta en los criterios de calificación, sino que serán instrumentos que le permitan al docente conocer el estado inicial y final de los estudiantes.

Con respecto al trabajo personal y participación se valorará que los alumnos realicen los ejercicios propuestos en clase (ejercicios de formulación y moléculas) y que tomen apuntes en el cuaderno del contenido de las sesiones. Asimismo, se tendrá en cuenta si responden a las preguntas formuladas y participan en la discusión de las propiedades y el esquema a seguir para determinar una sustancia desconocida. Finalmente, se evaluará la disposición que presentan a la hora de representar los tipos de redes, la formación de moléculas humanas y su actitud hacia el resto de sus compañeros. En definitiva, su grado de implicación en todas las actividades. No obstante, no será necesario participar en todas ellas, pero si en un mínimo entre las propuestas para aprobar esta parte, obteniendo la máxima calificación aquel que muestre una mejor actitud e interés en todas las actividades propuestas.

En el bloque de pruebas escritas se distinguen dos tipos: individuales (20%) y grupales (55%). La nota mínima establecida para poder mediar entre ambas y alcanzar el 75% será de un 3,5.

En el primer grupo se encuentran las tres preguntas referidas a los enlaces intermoleculares, siguiendo el criterio de calificación de 2, 3 y 5 puntos, respectivamente, tal y como indica el **Anexo X** y la tarea mandada para casa sobre dos verdades y una mentira de todo lo visto sobre el enlace químico, donde el criterio de calificación será partir de un cinco si la entregan dentro

del plazo establecido y se irá subiendo un punto en función del grado en el que se ajuste al modelo propuesto, la justificación de la respuesta falsa, si utilizan la terminología adecuada, si están bien expresadas y la originalidad o grado de dificultad. Si se sobrepasa la fecha límite la nota máxima será un 5/10.

En el segundo grupo se distingue por un lado la construcción de moléculas con modelos (20%), que incluye la entrega de la ficha de resultados, ese 15% está distribuido en un punto en el caso de las sustancias que no son moléculas, diez puntos para las moléculas CCl_4 y HCN (5 para cada una) y tres puntos para el HCl . El 5% restante se corresponde con la defensa del portavoz y la muestra de la molécula construida en los casos en los que sea posible. Por otro lado, pertenece a este grupo la actividad 5 (35%), referida al estudio de las propiedades, donde se tendrá en cuenta tanto la ficha inicial de observación, predicciones y diseño de la propuesta como el manejo en el laboratorio y el informe final con un 15 y 20%, respectivamente.

Debido a la importancia que cobran los trabajos grupales en la propuesta, se informará al alumnado que debe notificar al docente cualquier problema que pueda suceder. Aunque ningún estudiante lo notifique, si el docente observa una descompensación en cuanto al trabajo realizado hablará con ese alumno/s y si su actitud no cambia su nota será la correspondiente a su trabajo realizado.

En concordancia con una evaluación de tipo formativo todas las tareas comentadas anteriormente les serán devueltas con las respectivas correcciones y propuestas de mejora o serán resueltas en clase posteriormente. Estableciéndose la posibilidad de volver a entregar alguna si los resultados obtenidos en el grupo clase no son los esperados.

5. ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS DEL PROCESO DE ENSEÑANZA-APRENDIZAJE

El enlace químico fue el tema asignado en el *Practicum II*. Algunas de las actividades de esta propuesta se llevaron a cabo en el período de prácticas, pero en su mayoría han sido modificadas en función de los resultados obtenidos y se han añadido más actividades para completar la propuesta y trabajar así el enlace de la manera más completa posible, adaptada al nivel e incluyendo los enlaces intermoleculares que no se habían abordado anteriormente. A continuación, se va a especificar de forma más detallada los resultados de aquellas actividades puestas en práctica y cuáles son los esperados en aquellas que no se han llevado a cabo todavía.

Actividades

En todas las sesiones se ha querido conseguir que el papel del alumnado fuera activo y establecer un clima de confianza en el aula que les permitiera dar respuesta a las preguntas formuladas y querer participar en las distintas experiencias propuestas a medida que se desarrollaran las sesiones (objetivo didáctico cuatro), algo que se pudo observar durante la estancia en el instituto.

Con la actividad 1, fue posible detectar algunas de las ideas preconcebidas que presentaba el alumnado antes de impartir docencia para incidir en ellas en las sesiones posteriores, así como repasar una serie de conceptos clave y ofrecer una visión general pero organizada de los tipos de enlace para facilitar su posterior estudio y aprendizaje, cumpliendo así con el primero de los

objetivos didácticos propuestos. Además, se comprobó que las cuestiones iniciales habían sido buena idea por la curiosidad y al mismo tiempo incertidumbre que mostraba el alumno, ya que estaban intentando buscar una explicación a situaciones que no se habían planteado antes y aunque algunas preguntas eran complejas la mayoría había respondido.

En la segunda actividad los alumnos dispusieron de tiempo para resolver ejercicios de formulación de compuestos iónicos en clase (estándar de aprendizaje 2.4.2), pudiendo así enfrentarse solos y plantear las dudas que les pudieran surgir. Observándose así que el método que se consideraba más adecuado para explicar la formulación no era el que comprendían todos los alumnos y que era necesario explicarlo de varias maneras, tanto con sistema de ecuaciones para ajustar las cargas como de forma más intuitiva. Asimismo, se trabajaron las redes iónicas y metálicas (estándar de aprendizaje 2.5.2) haciendo uso de modelos moleculares ya construidos. Se observaron buenos resultados, pero seguía faltando unidad en el enlace.

La actividad 3, donde los alumnos van a ser evaluados de acuerdo con el estándar 2.4.1, se ha planteado de la misma forma que en el *Practicum* porque se observó que los alumnos eran intuitivos y rápidos a la hora de formar enlaces en la construcción de moléculas con personas, ya que en el caso de la formación de la molécula de agua dedujeron que no era suficiente con un átomo de H y O, sino que se necesitaba otro H, en el O₂ supieron que cada O tenía que compartir dos electrones y en el caso del N₂ tres electrones cada átomo. Sin embargo, durante el *Practicum* se observó en algunos alumnos cierto desinterés al plantearles varios ejercicios de la misma manera, a lo que se ha buscado solución con esta propuesta.

La idea de construir modelos moleculares por grupos siguiendo la metodología de aprendizaje cooperativo se intentó introducir durante el período de prácticas de manera más reducida, planteándoles tres moléculas y acortando el número de preguntas. Sin embargo, no salió para nada como estaba previsto, ya que un repaso de ejercicios anterior duró más de lo esperado y el tiempo destinado, mitad de sesión, no fue suficiente para dejar claras las bases, construir las moléculas y llenar el cuestionario. En consecuencia, su evaluación tuvo que ser sustituida por una prueba escrita individual en una sesión posterior para ver si habían interiorizado los conceptos, comprobando así que los resultados fueron buenos y los errores más comunes fueron confundir enlaces sencillos con dobles o equivocarse en el número de pares de electrones solitarios. Con estas dos actividades se alcanzó el segundo objetivo didáctico propuesto.

De la actividad 4 solo se puso en práctica el mostrarles imágenes de moléculas del cuerpo humano para que las reconocieran, llegando a adivinar la glucosa y el ADN, consiguiendo así aumentar su curiosidad. Con las sesiones planteadas en esta actividad se pretende aproximar el estudio del enlace intra e intermolecular a sustancias que los alumnos puedan conocer (tercer objetivo didáctico) e introducir la experiencia de las densidades antes de explicar los tipos de enlace intermolecular para fomentar en ellos la necesidad de buscar una explicación a lo que se observa. Se espera que las preguntas planteadas no les resulten difíciles porque abordan un contenido que se acaba de trabajar. Esta actividad estaría de acuerdo a los estándares de aprendizaje 2.7.1 y 2.7.2 que marca el currículo aragonés.

Con la actividad 5, diseñada por completo en esta propuesta, se quiere que el alumnado asuma el papel de un químico cuyo objetivo es analizar una muestra de agua contaminada, pero no con una instrumentación muy sofisticada, sino con materiales sencillos y muy relacionados con la manera en la que se han trabajado las propiedades. De forma que comprendan el contexto en el que están, busquen la estrategia más adecuada a seguir y la adapten una vez que la lleven a la

práctica, para encontrar la solución a ese problema que tienen que resolver (objetivo didáctico 5). Esta forma de trabajar aplicada a un contenido concreto como es el estudio de las propiedades de las sustancias atendiendo a su tipo de enlace, concuerda con el estándar de aprendizaje 2.5.1 del currículo.

En el caso de la última actividad, que sí fue puesta en práctica en el instituto, la tarea de dos verdades y una mentira mandada para realizarla en horario no escolar no tuvo tanto éxito. Sin embargo, aquellos que la entregaron cumplieron con los requisitos establecidos y obtuvieron calificaciones altas. Además, presentar esta actividad en forma de juego generó mejores resultados, ya que los alumnos retados razonaron bastante bien la respuesta falsa y en los casos donde hubo más dudas el propio autor ayudó a su compañero. Por tanto, el papel como docente consistió en corregir la forma de expresarse o aportar alguna pista adicional.

Comparativa entre el cuestionario inicial y final

Tanto en el día del cuestionario inicial como final faltaron dos alumnos. Por lo tanto, el número total de alumnos de la muestra fue 20 en ambos casos. La cuestión inicial 1 se relaciona con la cuestión final 1 al versar sobre la unión de los átomos. Las cuestiones iniciales 2 y 3 se relacionan con las cuestiones finales 3 y 4 al tratar sobre la dureza y los puntos de fusión de las moléculas y redes metálicas. La cuestión inicial 4 se relaciona con la cuestión final 2 al tratar sobre la conductividad de las redes metálicas.

El formato de las preguntas del cuestionario final no fue exactamente igual al del cuestionario inicial, ya que se hizo referencia a las preguntas de este último a lo largo de las sesiones. Sin embargo, los contenidos abordados eran los mismos y se siguió el mismo criterio de clasificación (Tabla 1) que en el cuestionario inicial para poder compararlos y establecer así el proceso de aprendizaje de los alumnos. En la Figura 4 se muestran los resultados obtenidos en cada caso:

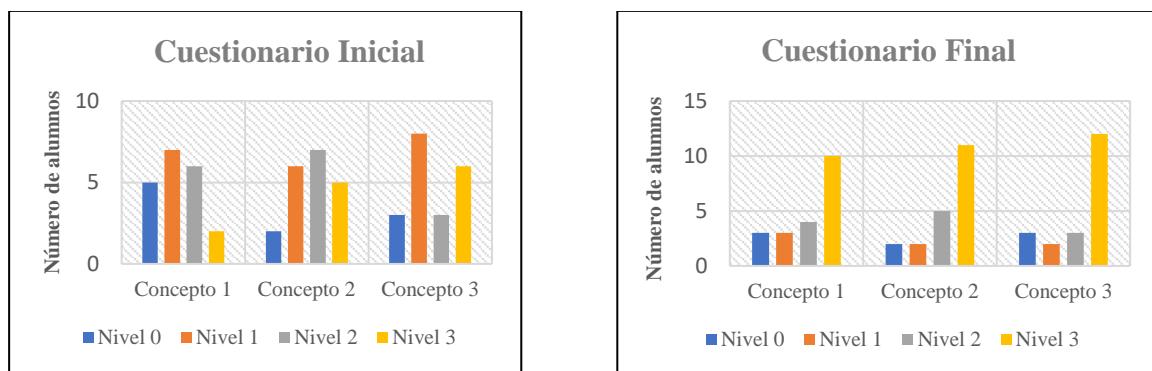


Figura 4. Resultados del cuestionario inicial y final de la propuesta. Fuente: Elaboración propia.

Al comparar ambas gráficas se observa una mejora en el nivel de argumentación y una mayor comprensión del enlace químico por parte de los alumnos, ya que ha evolucionado desde un nivel mayoritariamente principiante (nivel 1) donde presentan ideas alternativas hasta un nivel de mayor profundidad (nivel 3), más acorde con los modelos científicos establecidos, en los tres conceptos. Esto permite concluir que se cumple con el sexto objetivo didáctico propuesto.

Cuestionario de valoración de la propuesta

Las preguntas que se incluyen en este cuestionario son muy parecidas a las que se realizaron en el *Practicum II*, por lo que las respuestas obtenidas se pueden considerar como posibles resultados de esta propuesta. Con respecto a las propuestas de mejora algunos mencionaron la realización de más actividades prácticas, a lo que se ha prestado atención en esta propuesta, y en que se incidiera más en la toma de apuntes para que tuvieran una referencia de estudio, considerando este aspecto a la hora de mandarles ejercicios o diciéndoles que copiaran lo impartido en las sesiones. En cuanto al papel del docente se puede decir que se destacó sobre todo por claridad, naturalidad y calma al explicar, por preocuparse de que entendieran los contenidos y por realizar actividades muy diversas.

6. ANÁLISIS CRÍTICO Y PROPUESTAS DE MEJORA

En este apartado se van a comentar las alternativas que se han considerado en esta propuesta para solventar aquellos problemas encontrados durante el período de impartición de las clases, cuando se ocupaba el papel de docente en prácticas y que están en concordancia con la justificación didáctica descrita anteriormente. Finalmente, se indicarán también las posibles dificultades que se pueden encontrar en aquellas actividades que no se han puesto todavía en práctica junto con sus posibles soluciones.

Durante el período de prácticas se dedicaron 6 sesiones para abordar los contenidos más relevantes del enlace químico, tiempo limitado al estudiar este tema por primera vez, pero con esta propuesta de 13 sesiones se pretende ampliar la formación del alumnado y favorecer su aprendizaje con el propósito final de que comprendan su importancia.

En general, con respecto a la propuesta llevada a cabo en el *Practicum* se ha cambiado la secuencia a seguir, ya no se ha comenzado por la formación del enlace covalente sino por la formación del enlace metálico de acuerdo con la bibliografía consultada, evitando así que el alumnado designe como moléculas a todas las sustancias que se encuentran en la naturaleza. También, se ha querido incidir más en la naturaleza electrostática del enlace para facilitar su comprensión en cursos superiores. Además, en la clasificación general de la sesión 1 (Tabla 4) se han incluido los enlaces intermoleculares para evitar su estudio desligado y para establecer un mismo criterio en la enseñanza del enlace químico.

Aunque durante el *Practicum* se hicieron preguntas para facilitar el proceso de aprendizaje de los alumnos, con esta propuesta se ha querido potenciar todavía más la utilización de estas y buscar aquellas que les produjeran un mayor interés por ser cercanas a su día a día. De ahí que la discusión y participación hayan sido requisito indispensable en casi todas las sesiones.

En el caso de la actividad dos fue un factor positivo el explicarles la formación de los compuestos iónicos de varias maneras, ya que no todos lo interiorizan de la misma forma. Siendo una propuesta de mejora adicional tener preparados varios ejemplos en el caso de que encontraran dificultad en uno concreto, en lugar de darle vueltas al mismo ejemplo. Además, se pretendió mejorar la propuesta con respecto a la del *Practicum* al introducir la simbología del enlace covalente en el estudio de las redes iónicas, metálicas y covalentes para establecer una mayor unidad, e introducir como novedad el uso de globos en lugar de las manos como

forma de unión. Permitiendo así que el alumnado no tuviera la idea del enlace como una barra sino como resultado de la atracción.

En la actividad 3 se solventó esa cierta monotonía en los ejercicios propuestos introduciendo un cambio de ritmo con respecto a la propuesta inicial, al no plantear el docente los cuatro primeros ejemplos de diagrama de Lewis en la pizarra sino solo dos para que los otros dos los pudieran intentar los alumnos en el cuaderno. De esta manera se puede regular mejor su distinto nivel de aprendizaje, prestando más atención a aquellos alumnos que presentan más dificultades y dándoles la posibilidad de avanzar a aquellos que tienen un nivel más avanzado. Con respecto a la formación de moléculas con personas y globos se quiere que los alumnos alcancen más protagonismo, dejándoles tiempo para que puedan procesar la información y enfrentarse ellos solos, sin una ayuda desmedida en el proceso.

Se comprobó que la corrección de ejercicios mandados y la formación de moléculas con modelos moleculares eran tareas incompatibles para realizar en una misma sesión. Así que en esta propuesta no se ha dedicado tiempo a resolver ejercicios mandados para casa, ya que se les han planteado ejercicios en clase a lo largo de las sesiones. Y sí se han dedicado dos sesiones para comprender a manejar el uso de modelos, explicar convenientemente su uso y dejar tiempo suficiente para construir las moléculas, contestar a las preguntas y debatir las respuestas al final, potenciando esta actividad lo máximo posible y con la esperanza de que les sea de utilidad para favorecer la transición entre el modelo de dos y tres dimensiones, así como para interiorizar mejor los conceptos abstractos que engloban el enlace químico.

Al incluir un mayor número de actividades y sesiones en esta propuesta se han cambiado los criterios de evaluación y calificación con respecto al *Practicum*, dando un mayor peso a la participación y trabajo personal e incorporando pruebas escritas más variadas para poder hacer frente a la diversidad del alumnado.

Con respecto a las actividades que no se han llevado a la práctica todavía:

La mayor inquietud es no saber si funcionará la simbología de los globos en el aula por si genera demasiado revuelo en el alumnado y se pierde el significado de lo que realmente se quiere que aprendan. Sin embargo, es la mejor forma que se ha encontrado hasta la fecha para poder utilizar la misma simbología en los tipos de enlace y no solo limitarla al estudio del enlace covalente utilizando la mano como electrón de la última capa a compartir, que es la estrategia que se siguió en el período de prácticas.

En el caso del estudio del enlace intermolecular, igual es demasiado precipitado que respondan correctamente a las preguntas sobre un contenido que acaban de conocer y no han tenido el tiempo suficiente para procesarlo, por lo que una posible solución sería posponerlo a otra sesión.

La actividad 5 es una propuesta ambiciosa que no se ha llevado a la práctica todavía y por lo tanto es difícil saber hasta qué punto va a resultar satisfactoria y qué partes van a resultar más o menos complejas de afrontar. En gran medida porque la metodología basada en la contextualización e indagación no es algo a lo que estan acostrumbado los estudiantes. Por ello, se valorará pautarla más o proporcionarles más indicaciones si fuera necesario.

Para futuras ocasiones se podrá recurrir a un mismo cuestionario que cumpla al mismo tiempo el papel de instrumento diagnóstico y de comprobación de los conocimientos adquiridos, para que la comparativa sea más rigurosa, pero en esta propuesta se ha primado reflejar los resultados reales del grupo clase que establecer un proceso de aprendizaje hipotético que puede no corresponderse para nada con la realidad.

En resumen, se ha querido impulsar una propuesta de enseñanza-aprendizaje de tipo constructivista, donde esté claro el papel que ocupa el docente y el alumno y en el que este último sea una pieza clave. Por ello el uso de metodologías activas basadas en la modelización a través de sistemas visuales, la contextualización con el entorno del alumnado mediante la discusión y la indagación para poner en práctica lo aprendido e implementarlo a nuevos problemas son estrategias fundamentales para trabajar el enlace químico de la forma más adecuada y completa posible.

7. CONSIDERACIONES FINALES

El paso por el Máster de profesorado ha sido intenso, pero me ha permitido madurar en muchos sentidos, porque he podido lograr muchos de los objetivos que tanto anhelaba conseguir y algunos otros que se han presentado en mi camino y que ni siquiera esperaba. Ahora que miro en retrospectiva todos estos meses observo lo mucho que he evolucionado y lo que me queda todavía, porque precisamente la docencia es eso, un continuo aprendizaje, al que cuesta coger el ritmo, pero al que al final te adaptas si es verdaderamente lo que te apasiona.

En este período he aprendido a trabajar de otra manera, ya no tan individual y metódica sino más bien de carácter grupal y divergente. Para realizar este cambio fue necesario tiempo y diseño de numerosos trabajos de temática muy distinta para habituarme a la dinámica. El diseñar una actividad, unidad didáctica o incluso una programación didáctica ha sido un proceso laborioso principalmente por la inexperience, pero es algo con lo que vamos a convivir en nuestro día a día como docentes y que se ve recompensado cuando los alumnos aprenden con tu propuesta y te muestran su interés.

Durante el *Practicum* he podido observar cómo ha cambiado el proceso de enseñanza-aprendizaje desde mis estudios de enseñanza secundaria y postobligatoria, ya no se sigue un enfoque fundamentalmente tradicional, sino que se introducen distintas metodologías activas siempre que resulta posible. Dejando claro que la mejor manera de aprender es aquella que es activa, donde el alumnado participa, se equivoca y reflexiona de forma continua. Por ello está frase de Confucio refleja muy bien la manera en la que aprende el alumno: “Me lo contaron y lo olvidé, lo vi y lo entendí, lo hice y lo aprendí”. Mostrando así que la enseñanza tradicional no es la más efectiva, sino que es necesario hacer partícipe al alumno porque él es el que tiene que aprender y nosotros con él.

Al posicionarme en el papel de docente he podido ver que ser un buen docente no es tarea sencilla, requiere mucho trabajo detrás, una planificación continua y sobre todo mucha empatía con el alumnado, tanto a la hora de diseñar las actividades como en el momento de su puesta en práctica, porque el objetivo final no es solo transmitirles lo que sabemos, sino averiguar que sabían y que han aprendido realmente con la ayuda del docente.

En este sentido, mi puesta en práctica tuvo defectos con respecto a la planificación del tiempo, los cambios de ritmo y la movilidad en el aula que se fueron solventando a medida que transcurrían las sesiones y me sentía más cómoda con el grupo clase, llegando a la conclusión de que no hay que dar nada por sentado y que siempre hay que disponer de recursos.

Con respecto a la unidad didáctica del enlace químico he de comentar que en un principio me generaba cierta preocupación porque es un tema complejo y por tanto que requiere una alta comprensión para su impartición en el aula, sobre todo si se aborda por primera vez, ya que supone partir de cero e intentar conseguir que lo aprendan de la mejor manera para favorecer su profundización en cursos superiores. Todo esto sumado a querer enfocarlo de una manera que les resultara sencilla, amena y que conectara con su día a día.

En mi estancia en el IES Pablo Serrano pude poner en práctica las ideas que tenía y sobre todo anotar aquellas dificultades que se habían encontrado para tenerlas en cuenta en un futuro no muy lejano, en concreto en mi propuesta de Trabajo de Fin de Máster, ya que algunas ideas se quedaron en el tintero por falta de tiempo y/o por la situación socio-sanitaria que impedía ir al laboratorio a este grupo clase.

En esta memoria TFM se ha primado el uso de metodologías activas basadas en la experimentación, tanto en el aula como en el laboratorio, el trabajo en grupos a través de la discusión y el aprendizaje cooperativo. En definitiva, se ha seguido un enfoque basado en la modelización, contextualización e indagación para potenciar el estudio del enlace químico y conseguir que el alumnado percibiera su relevancia y su relación con nuestra vida diaria.

Solo me queda decir que el camino que queda por recorrer es largo, todavía me falta alcanzar más seguridad, más dominio de la clase y hacerme a la idea que, aunque hay que planificar las actividades lo mejor posible, es imposible controlar todos los factores, por lo que un requisito indispensable es la adaptación a las circunstancias que puedan suceder. No obstante, tener la mochila llena de herramientas y recursos, así como la ilusión por iniciar mi camino en el mundo de la docencia es una ventaja añadida que me hará no desistir a la primera de cambio y dar lo mejor de mí.

8. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Aguirre Pérez, C. (2008). El uso de mapas conceptuales en química con alumnos de magisterio. El caso concreto de los enlaces químicos aplicando cmaptools. *I Jornadas Sobre La Enseñanza de Las Ciencias y Las Ingenierías*, 1–17.

Blanco López, Á., España Ramos, E., Franco, A. J., y Rodríguez Mora, F. (2018). Competencias y prácticas científicas en problemas de la vida diaria. *Alambique: Didáctica de Las Ciencias Experimentales*, 92, 45–51.

Caamaño Ros, A. (2011a). Contextualización, indagación y modelización. Tres enfoques para el aprendizaje de la competencia científica en las clases de química. *Aula de Innovación Educativa*, 207, 17–21.

Caamaño Ros, A. (2011b). Enseñar química mediante la contextualización, la indagación y la modelización. *Alambique : Didáctica de Las Ciencias Experimentales*, 69, 21–34.

Caamaño Ros, A. (2016a). Secuenciación didáctica para el aprendizaje de los modelos de enlace. *Alambique: Didáctica de Las Ciencias Experimentales*, 86, 39–45.

Caamaño Ros, A. (2016b). Un enfoque para vencer errores y ambigüedades. *Alambique: Didáctica de Las Ciencias Experimentales*, 86, 8–18.

Caamaño Ros, A. (2019). La teoría atómico-molecular en secundaria. *Alambique: Didáctica de Las Ciencias Experimentales*, 97, 8–18.

Calvo Flores, F., 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. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=4208042>

Cañas, A., Viguera Llorente, J., Caamaño Ros, A., y de Prada Pérez de Azpeitia, F. (2016). *Física y química* (pp. 58-59). Madrid: SM.

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. <https://www.ugr.es/~reidocrea/7-16.pdf>

Crujeiras-Pérez, B. (2017). Análisis de las estrategias de apoyo elaboradas por futuros docentes de educación secundaria para guiar al alumnado en la indagación. *Revista Eureka Sobre Enseñanza y Divulgación de Las Ciencias*, 14(2), 473–486. <https://revistas.uca.es/index.php/eureka/article/view/3222>

Danckwardt-Lillieström, K., Andrée, M., y Enghag, M. (2020). The drama of chemistry—supporting student explorations of electronegativity and chemical bonding through creative drama in upper secondary school. *International Journal of Science Education*, 42(11), 1862–1894. <https://doi.org/10.1080/09500693.2020.1792578>

De Posada Aparicio, J. M., y Conejo Trujillo, R. (2000). Problemas y soluciones didácticas para abordar el enlace químico. *Alambique: Didáctica de Las Ciencias Experimentales*, 26, 95–100.

De Posada, J. M. (1999). Concepciones de los alumnos sobre el enlace químico antes, durante y después de la enseñanza formal. Problemas de aprendizaje. *Enseñanza de Las Ciencias: Revista de Investigación y Experiencias Didácticas*, 17(2), 227–245.

García Franco, A., y Garritz Ruiz, A. (2006). Desarrollo de una unidad didáctica: el estudio del enlace químico en el bachillerato. *Enseñanza de Las Ciencias: Revista de Investigación y Experiencias Didácticas*, 24(1), 111–124. <https://raco.cat/index.php/Ensenanza/article/view/73536>

González Felipe, M. E., Aguirre-Pérez, C., Toledano, R. M., Cézar, R. F., y Vázquez-Moliní, A. (2019). Diseño e implementación de una propuesta didáctica plurimetodológica para introducir el enlace químico en 3º Curso de Educación Secundaria Obligatoria. *Revista*

Electrónica de Enseñanza de Las Ciencias, 18(1), 40–55.
http://reec.uvigo.es/volumenes/volumen18/REEC_18_1_3_ex1352.pdf

González Felipe, M. E., Aguirre-Pérez, C., Cortes-Simarro, J. M., Fernández Cezar, R., y Vázquez Monilí, A. M. (2017). Estudio del tratamiento del enlace químico en los libros de texto españoles. *Revista Electrónica de Investigación Educativa*, 19(3), 60–70. <https://doi.org/10.24320/redie.2017.19.3.1184>

González Felipe, M. E., Aguirre-Pérez, C., Fernández-Cézar, R., y Vázquez-Moliní, A. M. (2018). Concepciones alternativas de los alumnos de Educación Secundaria sobre el enlace químico. *Didácticas Específicas*, 18, 26–44. <https://revistas.uam.es/didacticaspecificas/article/view/8680>

Irazoqui Palazuelos, G., y Garritz Ruiz, A. (2004). El trabajo práctico integrado con la resolución de problemas y el aprendizaje conceptual en la química de los polímeros. *Alambique: Didáctica de Las Ciencias Experimentales*, 39, 40–51.

Johnson, D. W., Johnson, R. T., y Holubec, E. J. (1999). El aprendizaje cooperativo en el aula. El concepto de aprendizaje cooperativo (pp. 13–30). <http://conexiones.dgire.unam.mx/wp-content/uploads/2017/09/El-aprendizaje-cooperativo-en-el-aula-Johnsons-and-Johnson.pdf>

Matus, L., Benarroch, A., y Nappa, N. (2011). La modelización del enlace químico en libros de texto de distintos niveles educativos. *REEC: Revista Electrónica de Enseñanza de Las Ciencias*, 10(1), 178–201.

Matus Leites, L., Benarroch Benarroch, A., y Perales Palacios, F. J. (2008). Las imágenes sobre enlace químico usadas en los libros de texto de Educación Secundaria. Análisis desde los resultados de la investigación educativa. *Enseñanza de Las Ciencias: Revista de Investigación y Experiencias Didácticas*, 26(2), 153–176.

Montejo Bernardo, J. M. (2018). Piezas de construcción y globos: propuesta didáctica para trabajar contenidos de química con futuros Maestros de Educación Primaria. *Ápice. Revista de Educación Científica*, 2(2), 69–79. <https://doi.org/10.17979/arec.2018.2.2.3438>

Özmen, H. (2004). Some Student Misconceptions in Chemistry: A Literature Review of Chemical Bonding. *Journal of Science Education and Technology*, 13(2), 147–159. <https://link.springer.com/article/10.1023/B:JOST.0000031255.92943.6d>

Parchmann, I. (2011). La enseñanza de la química y el Año Internacional de la Química. *Alambique: Didáctica de Las Ciencias Experimentales*, 69, 8–20.

Pinto, G. (2016). Identificación y comprensión de la estructura y el tipo de enlace. *Alambique: Didáctica de Las Ciencias Experimentales*, 86, 28–33.

Taber, K. S. (2016). Enlace químico y estructura atómico-molecular en secundaria. *Alambique: Didáctica de Las Ciencias Experimentales*, 86, 19–27.

Tsaparlis, G., Pappa, E. T., y Byers, B. (2019). Proposed pedagogies for teaching and learning chemical bonding in secondary education. *Chemistry Teacher International*, 1–14. <https://doi.org/10.1515/cti-2019-0002>

Zenteno-Mendoza, B. E., y Garritz, A. (2010). Secuencias dialógicas, la dimensión CTS y asuntos socio-científicos en la enseñanza de la Química. *Revista Eureka Sobre Enseñanza y Divulgación de Las Ciencias.*, 7(1), 2–25.

9. ANEXOS

Anexo I. Cuestionario inicial.

Cuestionario inicial

1. ¿Por qué se unen los átomos? ¿Cómo crees que se unen? (si no lo sabes explicar represéntalo mediante un dibujo).
2. ¿Qué funde antes el hielo o un metal? Justifica tu respuesta.
3. ¿Qué es más duro el hielo o un metal? Justifica tu respuesta.
4. Seguro que has escuchado que los metales son conductores de la electricidad, ¿qué razón puedes dar?
5. ¿Qué quieres estudiar? o ¿a qué te quieras dedicar?

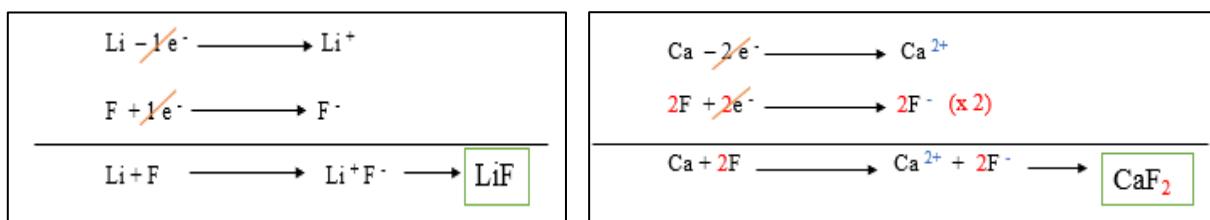
Fuente: Elaboración propia.

Anexo II. Complementación de la sesión 1.

En el caso de las redes covalentes se estudiarán ejemplos concretos como el grafito (C-C), diamante (C-C) y sílice (Si-O). Además, se les comentará que la gran mayoría de los elementos no metálicos se unen formando moléculas discretas, aunque se incidirá en ello en posteriores sesiones. Si fuera necesario se repasaría la distinción entre sustancias (elementos y compuestos) y mezclas haciendo uso de los siguientes test:

<https://www.uv.es/quimicajmol/testconceptuales/index.html>

Anexo III. Formación de los compuestos iónicos LiF y CaF₂.



Fuente: Elaboración propia.

Anexo IV. Complementación de la sesión 2.

El material de apoyo que se utilizará para mostrarles ejemplos de compuestos metálicos e iónicos será el siguiente: <https://www.uv.es/quimicajmol/quimica3d/index.html>, consultando las pestañas de sólidos iónicos y tipos de sólidos.

Anexo V. Complementación de la sesión 3.

Si en el momento de llevarlo a la práctica resultara muy complicado que supieran predecir las propiedades, se utilizará como recurso adicional una red metálica e iónica construidas con el modelo de bolas y varillas, que el docente llevará al aula.

Anexo VI. Simbología del color de los átomos.

Rojo: Oxígeno; **Blanco:** Hidrógeno; **Negro:** Carbono; **Azul:** Nitrógeno; **Verde:** Cloro; **Morado:** Sodio y **Amarillo:** Neón.

Fuente: Elaboración propia.

Anexo VII. Moléculas propuestas y preguntas a contestar para cada molécula.

Moléculas propuestas: **Molécula A:** H y Cl; **Molécula B:** N, C e H; **Molécula C:** 2 Ne; **Molécula D:** 1C y 4 Cl; **Molécula E:** Na y Cl

1. Indica la configuración electrónica de cada átomo implicado
2. Dibuja la molécula en el papel, haciendo uso del modelo de Lewis.
3. ¿Número de enlaces (pares de electrones compartidos) que la forman? (y di si son sencillos, dobles, triples...)
4. ¿Número de pares de electrones solitarios?
5. ¿Cómo la expresaríais?
6. En el caso de que no fuera una molécula, indica que tipo de enlace y estructura presenta y justifica tu respuesta.

Fuente: Elaboración propia.

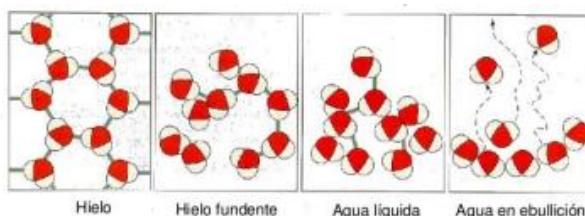
Anexo VIII. Cuestionario de valoración del trabajo grupal.

1. ¿Te has sentido cómodo en el grupo?
2. ¿Han participado todos los integrantes?
3. ¿Se han conseguido los resultados esperados?

Fuente: Elaboración propia.

Anexo IX. Complementación de la sesión 8.

Estructura del agua en los distintos estados de agregación:



Fuente: <https://cienciasvaldemedel.files.wordpress.com/2014/10/t3-enlace-quc3admico1.pdf>

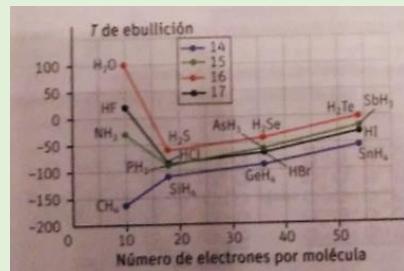
Para apoyar la explicación y mostrar su importancia en la sociedad se utilizarán los siguientes recursos: <https://www.youtube.com/watch?v=iqeaKpAEbyA> y en la pestaña agua (cambios de fase): <https://www.uv.es/quimicajmol/simulaciones/index.html>.

Anexo X. Preguntas referidas a los enlaces intermoleculares.

1. ¿Por qué la temperatura de ebullición del oxígeno (O₂) líquido (-183°C) es más alta que la del nitrógeno (N₂) líquido (-196 °C)? (2 pto.)
2. La temperatura de ebullición del gas metano (CH₄), uno de los componentes del gas natural, es -161,6 °C mientras que la del líquido metanol (CH₃OH), utilizado principalmente como disolvente, es 64,7°C. ¿Por qué? Justifica tu respuesta indicando el tipo de enlace intermolecular que presenta cada sustancia. (3 pto.)

3. Consultando la gráfica que se muestra a continuación, en la que se representan las temperaturas de ebullición de los compuestos formados por Hidrógeno y átomos de los grupos 14, 15, 16 y 17 de la tabla periódica, formando así sustancias moleculares, responde a las siguientes cuestiones (5 pto.):

- ¿Cuál sería la tendencia esperada en la siguiente gráfica? (2 pto.)
- ¿Qué comportamientos anómalos observas? ¿Qué sucede en esos casos? (3 pto.)



Fuente: Libro de Física y Química de 4º de la ESO (Cañas, Viguera, Caamaño y de Prada, 2016).

Anexo XI. Equivalencia entre letras y muestras reales.

A: Sal común (NaCl); **B:** limaduras de hierro; **C:** azúcar de mesa (sacarosa: C₁₂H₂₂O₁₁); **D:** Carbón vegetal (red covalente); **P:** azúcar de mesa (sacarosa: C₁₂H₂₂O₁₁).

Fuente: Elaboración propia.

Anexo XII. Tabla resumen de las propiedades de las sustancias estudiadas.

Sustancia desconocida	Temperatura de fusión (Muy alta, alta o baja)	Solubilidad en agua (Sí/No)	Conductividad en estado sólido (Sí/No)	Conductividad en disolución (Sí/No)	Tipo de enlace	Sustancia real y fábrica
A						
B						
C						
D						
P						

Fuente: Elaboración propia.

Si al revisar el diseño experimental de cada grupo tras la sesión 9, se observa que se aleja mucho de esta secuencia, se planteará diseñar de forma conjunta la estrategia a seguir para su posterior puesta en práctica en cada grupo.

Anexo XIII. Prototipo de preguntas tarea dos verdades y una mentira.

El Oxígeno (O) es un elemento que...

- Quiere ganar electrones para ser estable
- Tiene tendencia a formar cationes
- Pertenece a los no metales

La **opción falsa es la b** porque el O está en la parte derecha de la tabla periódica, es un no metal, y por tanto quiere ganar electrones y formar iones negativos (aniones).

Fuente: Elaboración propia.

Anexo XIV. Cuestionario final.

Cuestionario final	
1. Los átomos se unen formando moléculas o redes...	
a) Para que cada átomo complete su última capa de electrones y sea estable	
b) Ganando, perdiendo o compartiendo electrones	
c) Por atracción entre los núcleos de los átomos	
2. En las redes metálicas...	
a) Hay una fuerte atracción entre cationes y aniones	
b) Los electrones tienen gran movilidad y por eso son conductoras	
c) Los metales quieren perder electrones y formar cationes	
3. El agua...	
a) Tiene una temperatura de fusión baja	
b) Está formada por la unión de no metales	
c) Es dura porque forma redes	
4. Los metales...	
a) Tienen temperaturas de fusión altas	
b) Se pueden romper fácilmente (son frágiles)	
c) Son duros	

Fuente: Elaboración propia.

Anexo XV. Cuestionario de valoración de la metodología y actividad docente.

1. ¿Te han gustado las clases sobre el enlace químico? ¿Con qué te quedarías?
2. ¿Te ha gustado la manera de dar las clases del docente? (si te ha ayudado a entenderlo mejor, claridad...).
3. ¿Qué dificultades has encontrado?
4. ¿Cambiarías algo? (propuestas de mejora...).

Fuente: Elaboración propia.