



TRABAJO FIN DE MÁSTER  
**CONCEPCIONES  
ALTERNATIVAS DE ALUMNOS  
DE EDUCACIÓN SECUNDARIA  
SOBRE EL ENLACE QUÍMICO**

Estudiante: Javier Bonet García  
Especialidad: Física y Química  
Tutor/a: Rosa María Martínez Martínez  
Curso académico: 2023-24



## ÍNDICE

1. Resumen y palabras clave.....	2
2. Introducción.....	3
3. Revisión bibliográfica.....	5
3.1. Diseño y estrategia de búsqueda.....	5
3.2. Criterios de inclusión y exclusión.....	6
3.3. Extracción y análisis de datos.....	7
3.4. Concepciones alternativas del enlace químico.....	8
i. Concepciones alternativas en los distintos tipos de enlace químico...	8
ii. Concepciones alternativas de conceptos asociados al enlace.....	10
3.5. Propuestas para mitigar o eliminar las concepciones alternativas.....	11
4. Propuesta.....	13
4.1. Herramientas.....	14
4.2. Distribución del tiempo y el espacio. Desarrollo de las clases.....	15
4.3. Beneficios.....	16
4.4. Evaluación.....	17
5. Conclusiones.....	18
6. Referencias.....	21
7. Anexos.....	24



## **I. Resumen y palabras clave**

Los alumnos de Educación Secundaria encuentran, por lo general, muchas dificultades en la asignatura de Física y Química, debido a su complejidad y su componente abstracto. Sin embargo, todos los errores de los estudiantes no vienen de esta complejidad, sino que la mayor parte de ellos están causados por concepciones previas y alternativas que los alumnos forman antes y durante la explicación de los temas. En el caso del enlace químico, los alumnos cometen errores conceptuales relacionados con la confusión de los tipos de enlaces que hay, con la naturaleza del enlace covalente, la estructura atómica y el ion. Por ejemplo, los alumnos toman propiedades del mundo cotidiano como propiedades extrapolables al mundo microscópico y submicroscópico, sin fundamentarse en ningún principio científico.

Para superar estos problemas, se propondrán diversas estrategias didácticas que tienen que ver con la integración de elementos de gamificación como los juegos de mesa en el aula o el apoyo de laboratorios virtuales. Estas propuestas se han elaborado a partir de una revisión bibliográfica sistemática en la que se han estudiado las concepciones alternativas de los alumnos respecto al enlace químico y conceptos asociados.

En general, el concepto de enlace químico es fundamental para el entendimiento de conceptos más complejos como, por ejemplo, el equilibrio químico, por lo que es muy importante controlar estas concepciones alternativas como fuentes de error en este tema, además, como docentes, se deberían tener en cuenta y formarse en ellas para poder programar el curso de la mejor forma posible.

**Palabras clave:** Concepciones alternativas, enlace químico, Educación Secundaria, estrategias didácticas, gamificación, laboratorios virtuales.

## 2. Introducción

La Química es una disciplina fundamental en el desarrollo cognitivo de todos los alumnos, por ello, junto con la Física, es una materia obligatoria en muchos países. A su vez, es fundamental para otras ciencias y campos de conocimiento como la Biología, la Geología o las Ciencias de la Salud. En general, estudia la composición y la estructura de los elementos de la naturaleza, además de todos los cambios posibles a través de las reacciones químicas.

Este trabajo se centrará en el concepto del enlace químico, el cual es clave para explicar la cohesión y estructura de las moléculas y, consecuentemente, sus propiedades (Lahlali *et al.*, 2023). Además, también es fundamental para el entendimiento de conceptos y áreas científicas más avanzadas, como los equilibrios químicos o la Mecánica Cuántica, entre otros.

Sin embargo, pese a su importancia, es uno de los conceptos que presentan más problemas para los alumnos de la Educación Secundaria que se están adentrando en la Química por primera vez. En primer lugar, el enlace químico no es algo que se pueda ver a simple vista, se trata de un concepto abstracto para muchos alumnos. Por ello, para explicarlo, es necesario utilizar teorías y modelos como las estructuras de Lewis, la Teoría de Repulsión de Pares de Electrones de Valencia o la Teoría de los Orbitales Moleculares. Estas teorías, aunque están orientadas a explicar el funcionamiento del enlace químico, también pueden resultar demasiado complejas o abstractas para los estudiantes, ya que tienen dificultades para distinguir los tres principales niveles de escala en Química: el nivel macroscópico, submicroscópico y simbólico (Halim *et al.*, 2013), así como los distintos tipos de enlace químico (iónico, covalente y metálico) (Nicoll, 2001).

Los estudiantes, ante estas dificultades, en pocas ocasiones suelen preguntar al docente para resolver sus dudas, sino que sus preguntas se centran en la resolución de alguna actividad y no en la raíz del problema. Como docentes, no se puede culpar a los estudiantes por esto, sino que habría que abordar el proceso de enseñanza-aprendizaje de una manera en la que el

estudiante estuviera más presente, teniendo en cuenta los procesos mentales que llevan a los alumnos a cometer errores y la evolución que tienen a lo largo del curso. Estos errores en muchas ocasiones no se producen porque el estudiante no haya entendido la lección o porque el docente no se haya explicado correctamente, sino que están producidos por las ideas o concepciones previas y alternativas que cada uno tiene, ya sean del alumno o el docente.

En la educación tradicional siempre se ha pensado que el estudiantado no llegaba a comprender los conceptos expuesto por el profesorado simplemente por una mala concepción de las lecciones, o incluso por falta de esfuerzo e implicación en la materia.

Sin embargo, estas teorías ya han sido refutadas hace un tiempo. Por ejemplo, en el trabajo de Campanario y Otero (2000) se indica que estos errores conceptuales cometidos por los alumnos efectivamente se corresponden con las llamadas ideas o concepciones previas de las que se hablaba anteriormente en este trabajo. Según este mismo estudio, existe una relación entre estas ideas previas (lo que los alumnos saben sobre la materia de estudio), las estrategias que tienen los alumnos para resolver sus problemas, lo que creen correcto (que se relaciona con sus concepciones epistemológicas) y lo que los alumnos creen que saben sobre el tema. Esta relación normalmente da lugar a una disonancia cognitiva considerable que, consecuentemente, impide el buen entendimiento y asimilación de los conceptos científicos.

Las concepciones previas, por tanto, se han posicionado como uno de los grandes impedimentos en el proceso de aprendizaje de los estudiantes en todos los períodos educativos, actúan como una “falsa esperanza” para los estudiantes, haciéndoles creer que tienen conocimientos sobre algo cuando esos conocimientos no están fundamentados con principios científicos. Tan importantes son que, según estudios recientes (Branca *et al.*, 2021), las concepciones previas pueden causar desajustes cognitivos que pueden llegar a perdurar en los estudiantes durante toda su formación e incluso llegar a

arrastrarse en su período profesional. Debido a esto y a lo expuesto anteriormente, es muy importante controlar las ideas previas en el alumnado, además de analizar y buscar formas de eliminarlas de sus mentes, para que puedan aprender de manera efectiva.

El objetivo de este trabajo será, por lo tanto, realizar una búsqueda y revisión de la bibliografía relacionada con las ideas previas y alternativas formadas por los alumnos en la materia de Física y Química impartida en la Educación Secundaria, más concretamente en el concepto del enlace químico y sus tipos. Posteriormente, también se expondrá una propuesta didáctica con el objetivo de eliminar o mitigar al máximo la aparición de estas ideas alternativas.

### **3. Revisión bibliográfica**

#### **3.1 Diseño y estrategia de búsqueda**

Para este trabajo se realizó una búsqueda bibliográfica en profundidad de documentos relacionados con las concepciones previas y alternativas con un enfoque tanto generalista como centrado en la Física y la Química y en el concepto de enlace químico. La búsqueda se realizó revisando documentos de las principales corporaciones y bases de datos en línea, componiéndose principalmente de artículos de revistas, aunque utilizando también ponencias en congresos científicos, páginas web o libros de texto.

Respecto a la estrategia de búsqueda, en primer lugar, se llevó a cabo una búsqueda - mediante la base de datos de Scopus y la herramienta de búsqueda Google Scholar - de artículos de revistas en los que hubieran llevado a cabo algún tipo de experimento o propuesta didáctica para eliminar o reducir las ideas previas de estudiantes, es decir, de estudios originales. Tanto en esta búsqueda como en todas las demás se han priorizado los documentos que se centrasen en la Educación Secundaria, aunque también se han podido encontrar artículos muy interesantes con muestras con un nivel de estudios superior. Se ha realizado una búsqueda principalmente en inglés, aunque también se ha trabajado con documentos en español. Se decidió esto por la mayor oferta de experimentos realizados en inglés. Se introdujeron en el

buscador de Scopus las siguientes ecuaciones búsqueda: “misconceptions AND chemical bonding AND secondary school”, “previous ideas AND chemical bonding AND didactic proposal AND high school”, “alternate conceptions AND misconceptions AND chemical bonding AND teaching”. En las primeras búsquedas se limitó el año de publicación a 2020, ya que el trabajo exigía un mínimo de cinco referencias con menos de 5 años de antigüedad. Es por esta razón que en este trabajo hay tanto referencias recientes como referencias más primitivas. El objetivo de esta primera búsqueda era recabar toda la información posible sobre las ideas previas en relación con el enlace químico, para poder escribir de la mejor forma la introducción de este trabajo, además de para darle forma a la revisión bibliográfica.

Más tarde, también se realizó una búsqueda de trabajos de revisión bibliográfica, de nuevo mediante la base de datos de Scopus y la herramienta de búsqueda Google Scholar, tanto en inglés como en español. En esta ocasión en el buscador se introdujeron las siguientes ecuaciones de búsqueda: “alternate conceptions AND review AND chemical bonding” “misconceptions AND review AND high school”. En general se utilizaron las mismas ecuaciones de búsqueda y operadores booleanos, pero añadiendo “review” o “bibliographic review” para especificar que se querían obtener ese tipo de estudios.

### **3.2 Criterios de inclusión y exclusión.**

Las directrices de este trabajo ya marcaban unos criterios de inclusión claros. Exigen tener, como mínimo cinco documentos con menos de cinco de antigüedad y al menos cinco referencias que estén en un idioma extranjero.

Al margen de estas directrices, se incluyeron además todo tipo de documentos que tuvieran que ver con las ideas previas o alternativas de estudiantes respecto del concepto de enlace químico en el nivel de la educación secundaria, además de documentos que hablasen de propuestas para eliminar estas ideas previas. También se incluyeron, sin embargo, documentos que hablaran de las ideas previas en general o documentos con una muestra con un nivel superior de educación, además de algunos

documentos que no hablasen de estudiantes exclusivamente, sino que hablasen de docentes.

Los criterios de exclusión de documentos fueron principalmente documentos que hablasen de la enseñanza del concepto de enlace químico, pero no hablasen de las ideas previas, documentos con muestras de estudiantes en la enseñanza básica o que directamente no tuvieran su foco en la educación.

### **3.3 Extracción y análisis de datos**

Tras las primeras búsquedas se ubicaron un total de cincuenta estudios. Sin embargo, de esos cincuenta se excluyeron finalmente treinta y cinco documentos, dejando para la revisión bibliográfica un total de diecisiete documentos, de los cuales trece son estudios originales y cuatro son revisiones bibliográficas.

Para discernir qué documentos sí se revisarían y cuáles no, se estudiaron los *abstract* de cada documento, con el objetivo de decidir si coincidían con lo que se buscaba o no.

La información proveniente de los documentos revisados se ordenó convenientemente en tablas para facilitar su lectura. Estas tablas pueden ser consultadas en el apartado de anexos de este trabajo. Para los estudios originales encontrados se incluyeron variables como los autores, la revista (con volúmenes y apartados) y el año de publicación, la muestra humana que se utilizó en cada estudio y las conclusiones a las que se llega en cada uno de ellos. Respecto a las revisiones bibliográficas, se crearon tablas con las variables de autores, revista y año de publicación, finalidad y objetivos y conclusiones de cada revisión bibliográfica consultada.

Estas variables son muy importantes para entender los documentados revisados, aunque también se van a estudiar tanto el tipo de ideas alternativas que se han encontrado en los experimentos como las consecuencias que según los autores tienen en el alumnado. Además, también se van a analizar algunas de las propuestas didácticas que recomiendan en la bibliografía, para



poder confeccionar una propuesta propia de la mejor forma posible en el siguiente apartado.

### 3.4 Concepciones alternativas del concepto de enlace químico

Para clarificar y exponer mejor las concepciones alternativas encontradas en esta revisión bibliográfica ante un concepto con tantos componentes y matices como el de enlace químico, se ha separado este apartado en todos los tipos de concepciones alternativas relacionadas con este concepto. En primer lugar, se van a mostrar las concepciones alternativas de todos los tipos de enlace, así como sus interacciones entre sí. Después, se presentarán las concepciones alternativas encontradas para la estructura atómica y la regla del octeto y, finalmente, se expondrán las ideas alternativas de la estructura de Lewis.

#### i. Concepciones alternativas en los distintos tipos de enlace químico.

Se ha podido observar en la revisión que, en muchas ocasiones, las concepciones alternativas que desarrollan los estudiantes son muy similares.

En la gran mayoría de los documentos revisados se ha encontrado que los alumnos tienen problemas diferenciando los tipos de enlace. En su estudio, Lahlali *et al.* (2023), indican que la confusión se da principalmente entre el enlace covalente e iónico, ya que encontraron que hay gran confusión en los conceptos de transferencia y compartición electrónica. Esta última confusión también fue resaltada en los trabajos de Pazinato *et al.* (2020) y Ardiansyah *et al.* (2021). Además de confundir estos conceptos, los estudiantes muestreados también afirman en varios documentos (Coll & Taylor (2001); Khandagale & Shinde (2021); Pazinato *et al.* (2020) y Ardiansyah *et al.* (2021)) que los compuestos iónicos son moléculas y que las estructuras cristalinas iónicas, como la del KI o NaCl, son moleculares.

Hablando del enlace covalente exclusivamente, en la revisión se ha podido observar que los estudiantes, por lo general, no comprenden la naturaleza del enlace y sus características. En la mayoría de los documentos revisados (Lahlali *et al.* (2023); Ünal *et al.* (2009); Khandagale & Shinde *et al.* (2021); Majeed *et al.* (2023); Metalfina *et al.* (2019) y Ardiansyah *et al.* (2021))

repiten la idea de que los estudiantes creen que todos los átomos que forman parte del enlace covalente comparten el mismo número de electrones cada uno. Además, en el estudio bibliográfico de Metalfina *et al.* (2019) se indica que algunos estudiantes también piensan que hay transferencia electrónica en el enlace covalente. En el trabajo de Coll & Taylor (2001) se indica también que, en inglés, existe una confusión muy severa entre los nombres “*chloride*” (cloruro) y “*chlorine*” (cloro), aunque se da mucho más en compuestos moleculares, como el cloroformo ( $CHCl_3$ ), que en los iónicos, probablemente porque los estudiantes no asimilan que tanto las moléculas como los compuestos iónicos se nombran “-uro” (o “-ide” en inglés).

Como se ha podido observar, existen bastantes concepciones alternativas para el enlace covalente, aunque también se han encontrado varias tanto para el enlace iónico como el metálico. En general, respecto al enlace iónico, los estudiantes no comprenden correctamente el concepto de ion ni sus características. Por ejemplo, en el estudio de Coll y Taylor (2001) se indica que los estudiantes muestreados mostraban concepciones alternativas como que el tamaño de los iones era mayor que el de los átomos, en todos los casos. Por otro lado, también se encuentra que los alumnos piensan que en el enlace iónico hay compartición electrónica (Lahlali *et al.* (2023) y Metalfina *et al.* (2019)). También intentan entender la naturaleza compleja de las estructuras cristalinas iónicas con ejemplos cotidianos como el de un grano de sal (Pazinato *et al.* (2020)), cayendo en el uso erróneo de vocabulario científico sin ningún fundamento. Además, y relacionando con el concepto malentendido del ion, muchos estudiantes piensan que cualquier especie cargada (iones), están obligados a formar un enlace iónico (Ardiansyah *et al.* (2021)).

En el enlace metálico, los estudiantes encuentran sobre todo dos obstáculos: la naturaleza del propio enlace y la diferenciación con los otros tipos de enlace.

En primer lugar, los estudiantes entienden el enlace metálico como un cúmulo de átomos metálicos unidos entre sí (Coll y Taylor (2001) y Pazinato *et al.* (2020)), en vez de visualizar las especies metálicas como cationes rodeados

de electrones con carga negativa. Sobre todo, los primeros autores en su trabajo indican que esta concepción alternativa puede venir dada del diagrama del “mar de electrones” que se utiliza para explicar el enlace metálico, ya que, en muchas ocasiones, no se indica que esas especies son cationes. Finalmente, en la revisión se ha podido observar que hay mucha confusión entre el enlace iónico y metálico, ya que, para los alumnos, cuando en el enlace participa un átomo metálico, solo existe la opción de que éste forme un enlace metálico (Lahlali *et al.* (2023); Coll & Taylor (2001); Khandagale & Shinde (2021) y Ardiansyah *et al.* (2021)).

#### ii. Concepciones alternativas de conceptos asociados al enlace químico

La estructura atómica, si bien no es objeto de estudio en este trabajo, como todos los conceptos en este apartado, son importantes para el entendimiento del concepto de enlace químico. En la bibliografía revisada se pueden observar varios errores conceptuales en los estudios que se realizaron. Por ejemplo, en el estudio de Lahlali *et al.* (2023) se indica que muchos estudiantes tenían problemas para entender los electrones de la última capa de valencia, no entienden cómo se distribuyen los electrones a través de las distintas capas. En el trabajo de Nicoll (2001) y la revisión bibliográfica de Metalfina *et al.* (2019) se indican, además, un par de concepciones alternativas manifestadas por los alumnos: “los electrones se repelen, pero a veces se atraen y se forma el enlace” y “los enlaces  $\sigma$  (sigma – se producen cuando solapa un lóbulo de un orbital de cada átomo de la molécula) tienen siempre dos electrones y los enlaces  $\pi$  (pi – se producen cuando solapan dos lóbulos de los orbitales de cada átomo de la molécula) tienen siempre 4 electrones”. En general, en todos los documentos revisados se habla en mayor o menor medida de un uso indiscriminado por parte del alumnado del vocabulario científico con términos como “transferencia electrónica” o “metal y no metal” sin fundamentarse en ningún principio científico, solamente en las ideas previas que tenían sobre el tema.

Los alumnos también tienen problemas con la estructura de Lewis y su uso. Los estudiantes no respetan el número de enlaces que tiene una molécula, ya que no se fundamentan en la estructura de Lewis para decidirlo, además no entienden el concepto de dobles enlaces y no enlaces en la formación de la estructura de Lewis. (Lahlali *et al.* (2023)). Estos descubrimientos repercuten directamente en la formación de estructuras de Lewis en moléculas como el  $SO_4^{2-}$  (anión sulfato), ya que, al observar que hay 5 átomos, colocan directamente 4 enlaces (Ardiansyah *et al.* (2021)), sin calcular los dobles enlaces y no enlaces

Respecto a la regla del octeto, se ha encontrado en la revisión (Lahlali *et al.* (2023); Pazinato *et al.* (2020) y Ardiansyah *et al.* (2021)) que la regla del octeto no se comprende, tanto su propio concepto como su utilidad o su funcionamiento, por tanto, no es aplicado por los alumnos en las actividades que se les plantea.

### 3.5 Propuestas para mitigar o eliminar las concepciones alternativas

En este apartado, se van a recopilar todas las propuestas encontradas en la revisión bibliográfica para, posteriormente en este trabajo, poder emitir una propuesta propia de la mejor manera posible, con toda la información necesaria para que ésta esté fundamentada en hechos que han corroborado los autores de la bibliografía.

Casi en todos los documentos revisados se ha podido observar que la integración de las tecnologías de la información y la comunicación (TICs) es clave (Lahlali *et al.* (2023); Ünal *et al.* (2009); Khandagale & Shinde (2021); Achutan *et al.* (2018) y Molvinger *et al.* (2020)) para concretar los conceptos, ponerlos en perspectiva frente a los alumnos y evitar las concepciones alternativas, en todos los campos de la educación científica, pero sobre todo en el concepto de enlace químico y la representación de compuestos y moléculas. Ejemplos de este tipo de tecnologías son los simuladores virtuales, animaciones ilustrativas, herramientas virtuales, etc. Además, estos mismos autores (Lahlali *et al.* (2023); Ünal *et al.* (2009); Khandagale & Shinde (2021); Achutan *et al.* (2018) y Molvinger *et al.* (2020)) también apuntan que un tipo de

enseñanza enfocada en la implicación de los alumnos también puede ser muy beneficiosa para reducir y evitar que los alumnos creen nuevas concepciones alternativas.

Los autores revisados en la bibliografía (Lahlali *et al* (2023) y Nicoll *et al.* (2001)) indican que es necesaria una reforma en los currículos de Física y Química a todos los niveles, que ponga en prioridad las concepciones alternativas de los alumnos y trabajen a partir de ellas, no al revés como en la actualidad. Mientras esa reforma llega, otros autores (Branca *et al.* (2021); Khandaale & Shinde (2021) y Majeed *et al.* (2023)) recomiendan mucho la formación de los docentes en concepciones alternativas, tanto en las que se crean los alumnos como en las propias que tienen, ya que, como se pudo ver en el trabajo de Branca *et al.* (2021), las concepciones alternativas se pueden arrastrar hasta los estudios universitarios y al mundo profesional. También, en el trabajo de Khandagale & Shinde (2021), aconsejan examinar en profundidad los libros de texto y los materiales proporcionados a los alumnos, pues pueden estar escritos fundamentándose en alguna concepción alternativa.

Por otro lado, Achutan *et al.* (2018) coinciden con el resto de los autores de la bibliografía indicando que el uso de herramientas y métodos que impliquen a los estudiantes en el proceso de aprendizaje es fundamental para reducir la creación de concepciones alternativas. Aunque el trabajo esté centrado en las concepciones erróneas en la simetría molecular, se puede obtener información muy valiosa de él. En este, se profundiza en el uso de laboratorios y experiencias virtuales 3D para la reducción de concepciones alternativas de los estudiantes. Defienden que, trabajar con laboratorios virtuales y simuladores ayuda al alumnado a desarrollar el pensamiento crítico y a mejorar su capacidad de resolución de problemas, ya que en ellos los alumnos deben tomar decisiones propias y pensar profundamente qué hacer para obtener el resultado que se busca. Además, permite a los estudiantes visualizar los conceptos fuera de la teoría y tener una zona de prácticas y experimentos sin restricciones, fomentando su espíritu investigador.

Concretando más en el concepto de enlace químico, Pazinato *et al.* (2020) indican que es muy útil utilizar datos y conceptos termodinámicos para demostrar el enlace químico. Si se muestran diagramas de energía, se puede demostrar que la formación del enlace es exotérmica, por lo que la sustancia formada será más estable que los átomos o iones por separado. Esto da una razón de ser al enlace químico, un motivo por el que se forma el compuesto y no se quedan los distintos átomos separados. Por otro lado, apuntan que la utilización del modelo electrostático y la ley de Coulomb mejora el entendimiento del nivel microscópico de los modelos utilizados.

Además de estas propuestas, en el trabajo de Molvinger *et al.* (2020) se presenta un estudio de ingeniería didáctica fundamentado en el uso de juegos de mesa y descubren que, además de trabajar una variedad de registros semióticos (oral, escrito, ilustrativo y algebraico), ayuda mucho a los estudiantes a entender el enlace químico y la representación de moléculas. En concreto, ayudan a entender la regla del octeto, el enlace covalente y la isomería.

#### **4. Propuesta**

Teniendo en cuenta la revisión bibliográfica que se ha realizado y lo aprendido tanto en las clases teóricas de este máster y en las prácticas realizadas, se va a realizar una propuesta didáctica con el objetivo de evitar que se produzcan las concepciones alternativas o revertir las ideas previas de los estudiantes.

Concretando más, esta propuesta didáctica se va a centrar principalmente en el nivel de 3º ESO en la Educación Secundaria española, en el apartado didáctico del enlace químico. Como se ha podido observar a lo largo de la segunda parte de la revisión bibliográfica realizada, hay una serie de herramientas y prácticas que todos los autores de la bibliografía recomiendan, pudiéndose tratar simplemente de la formación del profesorado en materia de las concepciones alternativas o de métodos más concretos y aplicables al aula como pueden ser el uso de recursos informáticos, alterativos o métodos de enseñanza que impliquen a los estudiantes en el proceso de aprendizaje. De



todas estas estrategias para reducir la aparición de concepciones alternativas, se decidió crear una propuesta que incluyera tanto el uso de juegos de mesa como catalizador de los conceptos y el uso de laboratorios virtuales y simuladores para la visualización práctica de los conceptos del enlace químico.

Según la dicha propuesta, se van a desarrollar una serie de actividades que consistan en el uso de juegos de mesa en el aula, modificados para incluir los conceptos del enlace químico, como se ha visto anteriormente en el trabajo de Molvinger *et al.* (2020), se utilizarán juegos de mesa conocidos por los estudiantes para que puedan divertirse y fortalecer los vínculos con sus compañeros, mientras se les implica directamente en el aprendizaje.

#### 4.1 Herramientas

Para el desarrollo de esta propuesta didáctica se necesitarán los juegos de mesa en su “versión química”, ordenadores con conexión a internet, las libretas de los estudiantes y los laboratorios virtuales elegidos.

Los juegos de mesa elegidos para esta propuesta han sido el “chinchón químico” y el “hundir la flota químico”.

La baraja de chinchón que se utilizará podrá ser realizada manualmente en clase por los alumnos, ya que será una herramienta didáctica en sí misma, aprenderán mientras trabajan. Para realizarla, habrá que incluir una carta por elemento químico de la tabla periódica. En cada carta se deberá incluir el nombre, símbolo y posición en la tabla periódica de cada elemento, así como su número atómico y estados de oxidación posibles. Como añadido, los alumnos podrían añadir una fotografía de cada elemento y, en el reverso de la carta, añadir una curiosidad o propiedad importante de cada elemento.

Para “hundir la flota”, la preparación del juego es mucho más sencilla. Tan solo se necesitarían dos tablas periódicas impresas en papel de acetato (para poder escribir sobre ellas y poder borrarlas fácilmente), una carpeta de papel para cada tablero y clips de metal para soportar el montaje, además de rotuladores borrables de colores. Se puede jugar en pareja o en equipos individuales, dependiendo de la disponibilidad de materiales.

Respecto a la parte de la propuesta del laboratorio virtual, se han elegido dos páginas web principalmente. La primera es la de la plataforma de Javalab ([https://javalab.org/en/category/chemistry\\_en/chemical\\_bonds\\_en/](https://javalab.org/en/category/chemistry_en/chemical_bonds_en/)), en la que se pueden encontrar diversos simuladores de enlace químico, tanto la formación de estos como su estructura y propiedades. Todos son muy interesantes pero los que más interesantes pueden resultar son los de formación de enlaces iónicos y covalentes, además de la simulación en la que se pueden hacer pruebas con las propiedades en el enlace metálico (ductilidad y maleabilidad). La segunda plataforma que se recomienda a los alumnos es la de los simuladores PHET de la Universidad de Colorado (<https://phet.colorado.edu/es/simulations/build-a-molecule>). En ella los alumnos podrán encontrar una gran variedad tanto de Física como de Química, pero para esta actividad se centrarán sobre todo en la simulación de “Construye una Molécula”.

#### **4.2 Distribución del tiempo y el espacio. Desarrollo de las clases.**

Para que las actividades puedan optimizarse de la mejor manera y los alumnos tengan un cambio en sus concepciones del enlace químico, las clases se dividirán en dos, tanto en tiempo como en alumnado. La clase se dividirá en dos grupos y cada uno trabajará con un tipo de material. El primer grupo trabajará con los juegos de mesa durante la primera mitad de la clase y después pasarán a trabajar en el laboratorio virtual, cambiándose con el segundo grupo.

Temporalmente, las actividades se realizarán durante alrededor de 4 o 5 sesiones, para que cada grupo tenga oportunidad de trabajar como mínimo dos veces con cada juego y realizando las actividades que se le pida.

Estas dinámicas se pueden llevar a cabo muy convenientemente en conjunción con alguna situación de aprendizaje que trabaje el enlace químico, en la que se trabajen también los aspectos teóricos del enlace químico, con todas las recomendaciones que se han encontrado en la revisión bibliográfica.

La actividad de los juegos de mesa se llevará a cabo con la mitad de los alumnos formando grupos de una, dos o más personas según la disponibilidad



del material. Los alumnos elegirán un juego a su gusto y comenzarán a jugar contra sus compañeros. En el chinchón, el objetivo de los estudiantes será formar parejas o tríos de cartas de elementos con el mismo estado de oxidación o escaleras de elementos en el mismo grupo de la tabla periódica. Cada alumno o grupo jugará dos rondas y, cuando hayas acabado, deberán apuntar los elementos con los que han hecho parejas, tríos o escaleras, debiendo construir, al menos, tres enlaces. De esos tres enlaces deberán indicar el tipo de enlace que se forma y escribir alguna característica de estos, incluyendo su fórmula y nombre del compuesto formado. En “hundir la flota”, el tablero se conforma por dos tablas periódicas colocadas una encima de otra. El objetivo será, después de haber señalado en la tabla periódica superior los elementos necesarios, adivinar los elementos que haya escogido el compañero en su tablero. Cada jugador deberá elegir tres “barcos” de dos elementos y tres “barcos” de tres elementos y deberá apuntar en su libreta el nombre, símbolo, número atómico y de oxidación de cada elemento elegido, teniendo que construir, al menos, tres enlaces. De estos enlaces, como en el otro juego, los estudiantes deberán indicar de qué tipo se trata y escribir alguna característica de estos, junto con la fórmula y el nombre.

En la actividad del laboratorio virtual, los alumnos deberán elegir el simulador que deseen utilizar, ya sea de Javalab o del PHET. Sea cual sea, los estudiantes deberán hacerlos funcionar e investigarlos, construyendo las moléculas y los enlaces que quieran. La tarea para esta actividad será construir, al menos, seis enlaces, procurando que hay uno de cada tipo posible. Los estudiantes deberán tomar nota de los datos que les ofrezca el simulador y apuntar además los compuestos a los que dan lugar en el laboratorio virtual, escribiendo su fórmula, nombre y tipo de enlace.

### **4.3 Beneficios**

Utilizando estas actividades se espera conseguir un híbrido entre las propuestas recomendadas en los trabajos revisados, mezclando el uso de juegos y laboratorios virtuales en el aula con el proceso de enseñanza-aprendizaje, intentando conseguir mejores resultados aún.

Utilizando herramientas como estas, los alumnos se sienten parte de la clase y del proceso de aprendizaje, se sienten implicados y protagonistas de la clase. A su vez, el docente, al permitir y fomentar estos espacios innovadores y distendidos de enseñanza, fortalece sus vínculos con los estudiantes. Un docente que se preocupa de los sentimientos de sus alumnos y de su relación con ellos tendrá probablemente más éxito en sus enseñanzas, ya que creará un ambiente de confianza y respeto en el aula.

Además de lo ya dicho en este apartado, actividades como estas aumentan la curiosidad de los alumnos en la materia y mejoran su capacidad de investigación e indagación. Los problemas no se resuelven solos y los estudiantes deben buscar las respuestas, aun equivocándose en algún momento. Estas prácticas llevarán a medio/largo plazo al alumno a aumentar su pensamiento crítico y su capacidad de resolución de problemas. Los alumnos, mediante el uso de estas herramientas, desarrollarán capacidades científicas tan importantes como la experimentación, la investigación y la resolución de problemas, que no dejan de ser fundamentales en el currículo de Física y Química a cualquier nivel.

#### **4.4 Evaluación**

La evaluación de las actividades es casi tan importante como las actividades en sí mismas. Es necesario que los alumnos, además de sentirse incluidos en el desarrollo de las clases, también sean conscientes e incluso participen en los procesos de evaluación de forma activa. Tradicionalmente, los métodos de evaluación estaban fundamentados en una serie de pruebas de diagnóstico posteriores a las sesiones teóricas, normalmente mediante exámenes. Este tipo de evaluación no cumple con los requisitos que se han planteado antes, no tienen en cuenta la evolución del conocimiento de los alumnos, ni tampoco hace que estos participen en el desarrollo de las clases, simplemente pone a prueba a los alumnos en una única prueba que no representa su conocimiento.

Un buen método de evaluación para actividades como las propuestas sería una evaluación integral que monitorice el éxito y los conocimientos de los

alumnos durante todo el proceso de aprendizaje. Podrían ser instrumentos de evaluación en este tipo de evaluación integral las respuestas que den los alumnos a las preguntas de los docentes, la participación e implicación de los alumnos con las actividades que se realicen o las preguntas que se hacen los alumnos en el transcurso de estas actividades.

Por otro lado, una dinámica de evaluación muy beneficiosa tanto para el docente que evalúa como para el aprendizaje de los alumnos puede ser la realización de un problema o actividad dos veces. La primera se realizará antes de trabajar con los juegos y antes de haber visto los aspectos teóricos del enlace químico. Al final de la unidad didáctica del enlace químico los alumnos realizarán el mismo problema. En esta última ocasión los alumnos comprobarán todo lo que han aprendido durante el curso y verán como después de realizar todas las actividades descritas en la propuesta, los conocimientos se han quedado con ellos, los habrán interiorizado.

## **5. Conclusiones**

Como se ha podido comprobar a lo largo de todo este trabajo, las concepciones alternativas son un problema y un obstáculo muy importante a la hora de emprender el proceso de enseñanza-aprendizaje y hay que tenerlas muy en cuenta para que el aprendizaje sea realmente significativo. Como se vio en algunos de los trabajos revisados, haría falta una reforma en los currículos de Física y Química para que se tengan más en consideración. Más en concreto, el enlace químico se trata de un concepto por lo general incomprendido por los alumnos, como se ha podido ver en la bibliografía. Uno de los motivos más importantes son las concepciones alternativas y previas que tienen los alumnos, que los llevan a cometer errores conceptuales muy importantes, como la confusión de los tipos de enlace químico, que no entiendan la naturaleza de los enlaces, por qué se dan, por qué un compuesto es estable y otro no, etc. Todos estos errores vienen dados por esas concepciones previas. Muchos alumnos nunca han comprendido la diferencia entre los tres niveles de escala en las ciencias (microscópico, macroscópico y simbólico), lo que los lleva a considerar las propiedades macroscópicas de un

compuesto iónico, por ejemplo, las mismas que sus propiedades microscópicas. Otros tienden a aplicar modelos cotidianos no científicos a conceptos científicos, cayendo en muchos errores conceptuales. Por ejemplo, comparan un grano de sal de mesa a la estructura cristalina de los compuestos iónicos.

Por ello, en este trabajo se han propuesto dos actividades que pueden ayudar a evitar la aparición de nuevas concepciones alternativas o a eliminar las concepciones previas. Se ha encontrado también que, según la bibliografía, el uso de juegos de mesa y laboratorios virtuales pueden dar muy buenos resultados en estos aspectos. Para ello, se han propuesto dos juegos de mesa, el “chinchón químico” y el “hundir la flota químico”. En ellos, los alumnos deberán aplicar los conocimientos que han adquirido durante el tema mientras se divierten jugando. Además, en el caso del chinchón, los alumnos tendrán que confeccionar ellos mismos las barajas, por lo que también aprenderán mientras están experimentando. Por otro lado, se han propuesto dos laboratorios virtuales distintos en los que los alumnos pueden experimentar *online* sin restricciones, de manera autónoma y libre. Además, para cada una de estas experiencias se han propuesto también actividades evaluables durante todo su transcurso, para que la evaluación sea lo más integral y justa posible, incluyendo al alumno y su evolución en todo momento.

Con perspectiva al futuro, se recomendaría enormemente aplicar estas propuestas a una clase real y analizar los resultados, de alguna manera comprobar cómo reaccionan los alumnos reales a estos métodos innovadores de enseñanza. Por otro lado, también sería muy beneficioso, si fuera posible, complementar las sesiones de laboratorio virtual con sesiones de laboratorio real, para que los alumnos comparen el trabajo en la página web y en la bancada del laboratorio, desarrollando sus capacidades de experimentación e indagación.

En general, la comprensión del concepto de enlace químico es fundamental en la formación en Física y Química de cualquier alumno, ya que, desde él, se llega a conceptos más complejos e importantes. Es muy importante que se siga



investigando en esta materia y que se sigan proponiendo dinámicas para mejorar en este aspecto. Como se ha visto, (Branca *et al.* (2021)) las concepciones alternativas pueden arrastrarse desde la formación más básica hasta los niveles más altos de la formación universitaria o incluso al mundo profesional, por lo tanto, es fundamental llevar cuidado con este tipo de ideas.



## 6. Referencias

Achuthan, K., Kolil, V. K., & Diwakar, S. (2018). Using virtual laboratories in chemistry classrooms as interactive tools towards modifying alternate conceptions in molecular symmetry. *Education and Information Technologies*, 23(6), 2499–2515. <https://doi.org/10.1007/s10639-018-9727-1>

Ardiansyah, Jahro, I.S., & Darmana A. (2021). Identification of High School Students' Misconceptions on Chemical Bonding with Three Tier Test. *Jurnal Pendidikan dan Pembelajaran Kimia*, 10 (3), 171-1. 10.23960/jppk.v10.i3.2021.17

Branca, M., Bravo, J., Marcos-Merino, J. & Esteban, M. (2021). *Errores conceptuales sobre conceptos de Química en futuros profesores de España e Italia*. 29 encuentros de Didáctica de las Ciencias Experimentales y 5ª Escuelas de Doctorado. Universidad de Córdoba, Córdoba, España.

Campanario, J. M., & Otero, J. (2000). Más allá de las ideas previas como dificultades de aprendizaje: las pautas de pensamiento, las concepciones epistemológicas y las estrategias metacognitivas de los alumnos de ciencias. *Enseñanza de las Ciencias. Revista de investigación y experiencias didácticas*, 18(2), 155. <https://doi.org/10.5565/rev/ensciencias.4036>

Coll, R. K., & Taylor, N. (2001). Alternative Conceptions of Chemical Bonding Held by Upper Secondary and Tertiary Students. *Research in Science & Technological Education*, 19(2), 171–191. <https://doi.org/10.1080/02635140120057713>

Halim, N. D. A., Ali, M. B., Yahaya, N., & Said, M. N. H. M. (2013). Mental Model in Learning Chemical Bonding: A Preliminary Study. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, 97, 224–228. <https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2013.10.226>

Khandagale V.S., Shinde A.S., Investigation of Misconceptions for Valency and Chemical Bonding among High School Students. *International Journal of Innovative Research in Technology*, 8(3), 2349-6002

Lahlali, A., Chafiq, N., Radid, M., Atibi, A., El Kababi, K., Srour, C., & Moundy, K. (2023). Students' Alternative Conceptions and Teachers' Views on the Implementation of Pedagogical Strategies to Improve the Teaching of Chemical Bonding Concepts. *International Journal of Engineering Pedagogy (iJEP)*, 13(6), 90–107. <https://doi.org/10.3991/ijep.v13i6.41391>

Majeed, S. (2023). An Exploration of Students' Common Misconceptions in the Subject of Chemistry at Secondary Level. *Annals of Human and Social Sciences*, 4(II). [https://doi.org/10.35484/ahss.2023\(4-ii\)25](https://doi.org/10.35484/ahss.2023(4-ii)25)

Meltafina, M., Wiji, W., & Mulyani, S. (2019). Misconceptions and threshold concepts in chemical bonding. *Journal of Physics: Conference Series*, 1157, 042030. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1157/4/042030>

Molvinger, K., Lautier, G., & Ayrat, R.-M. (2020). Using Games to Build and Improve 10th Grade Students' Understanding of the Concept of Chemical Bonding and the Representation of Molecules. *Journal of Chemical Education*. <https://doi.org/10.1021/acs.jchemed.0c01287>

Nicoll, G. (2001). A report of undergraduates' bonding misconceptions. *International Journal of Science Education*, 23(7), 707–730. <https://doi.org/10.1080/09500690010025012>

Pazinato, M. S., Bernardi, F. M., Miranda, A. C. G., & Braibante, M. E. F. (2020). Epistemological Profile of Chemical Bonding: Evaluation of Knowledge

Construction in High School. *Journal of Chemical Education*. <https://doi.org/10.1021/acs.jchemed.0c00353>

Posada, J. M. d. (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. <https://doi.org/10.5565/rev/ensciencias.4088>

Soeharto, Csapó B., Sarimanah, E., Dewi, F.I., Sabri, T. A Review of Students' Common Misconceptions in Science and Their Diagnostic Assessment Tools. (2019). *Jurnal Pendidikan IPA Indonesia*, 8(2). <https://doi.org/10.15294/jpii.v8i2.18649>

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

Ünal, S., Coştu, B. & Ayas, A. (2010). Secondary School Students' Misconceptions of Covalent Bonding. *Journal of Turkish Science Education*. 7.



## 7. Anexos

**Tabla I - Análisis de los estudios originales consultados ordenados por año (de más reciente a más antiguo).**

Año, autor (es) y revista	País	Sujetos y origen	Instrumentos	Conclusiones
2023 Lahlali A., Chafiq N., Radid M. <i>International Journal of Engineering Pedagogy</i> – 13(6)	Marruecos	Población de 70 profesores de Física y Química de la región de Casablanca-Settat	Cuestionarios <i>online</i> anónimos, dividido en tres partes: <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Identificación de dificultades e ideas alternativas.</li> <li>2. Factores responsables de los errores conceptuales.</li> <li>3. Soluciones propuestas por los profesores para mitigar estas dificultades.</li> </ol>	Establecen que los estudiantes marroquíes tienen dificultades con el concepto del enlace químico por motivos didácticos, pedagógicos o relacionados directamente con los estudiantes. También culpan a los profesores por sus métodos pedagógicos y de evaluación, que no se han modernizado correctamente, además del uso limitado de herramientas didácticas. En el artículo dan muchas opciones para mejorar estos problemas, como el uso de simulaciones, animaciones y modelos, así como métodos de evaluación que impliquen al alumnado.

<p>2023 Majeed S., Ahmad R., Mazhar S. <i>Annals of Human and Social Sciences</i> – 4(2)</p>	<p>Pakistán</p>	<p>15 estudiantes de educación secundaria en Pakistán.</p>	<p>Entrevistas con preguntas sobre la estructura atómica y el enlace químico</p>	<p>El estudio presenta que hay tres errores mayoritarios. Estos son un error en el tipo de enlaces que hay, la estructura y forma de estos y la no inclusión del puente de hidrógeno en el enlace químico</p>
<p>2021 Pazinato M., Bernardi F., Miranda A.C. <i>Journal of Chemical Education</i></p>	<p>Brasil</p>	<p>Población de 48 estudiantes de educación secundaria.</p>	<p>Encuestas centradas en las Secuencias de Enseñanza-Aprendizaje (TLS en inglés), que siguen cuatro principios básicos: el profesor, los estudiantes, el conocimiento científico y el mundo material.</p>	<p><b>Enlace iónico:</b> Identifican distintas barreras epistemológicas, como pensar que los metales desean donar electrones, el uso de los términos “transferencia electrónica” y “metal y no metal” sin ninguna racionalidad y el uso de “molécula” para los compuestos iónicos.</p> <p><b>Enlace covalente:</b> Sobre todo falta de conocimiento sobre la estructura y las propiedades periódicas que llevaban a errores conceptuales en la aplicación de la regla del octeto.</p> <p><b>Enlace metálico:</b> Sobre todo dificultades para entender la naturaleza de sus interacciones y la formación de una imagen previa de los metales como cotidianos, sin fundamento teórico.</p> <p>Para acabar, proponen formas de reducir o mitigar estos problemas. Hablan de realizar más demostraciones termodinámicas, para poner en contexto la estabilidad de los compuestos y utilizar leyes electrostáticas, como la Ley de Coulomb, para explicar los modelos de enlace.</p>



<p>2021 Branca M., Bravo J.L., Marco J.M., Esteban M.R. <i>Encuentros de Didáctica de las Ciencias Experimentales</i></p>	<p>España y Italia</p>	<p>123 alumnos universitarios de los cuales 61 son estudiantes de asignaturas de Didáctica de Química y 62 estudiantes de asignaturas de Didáctica, pero no han recibido educación universitaria en Química.</p>	<p>Cuestionario diseñado por Mulford y Robinson en 2002 sobre concepciones alternativas en Química.</p>	<p>En este estudio se demuestra que las concepciones alternativas adquiridas en la Educación Secundaria siguen presentes en la etapa universitaria y pueden también transferirse a la etapa docente profesional (un 24% de los futuros profesores de la Universidad de Sassari y un 75% de los de la Universidad de Extremadura).</p>
---	------------------------	--	---	---



2021 Khandagale V., Shinde A. <i>International Journal of Innovative Research in Technology</i> – 8(3)	India	52 estudiantes de educación secundaria en Kolhapur, India.	Prueba escrita sobre conceptos químicos como el enlace químico y la valencia.	En este estudio concluyen que, conceptos químicos abstractos como el enlace químico no se entienden normalmente y necesitan más atención por parte de los docentes.
2021 Ardiansyah, Jahro I., Darmana A. <i>Jurnal Pendidikan dan Pembelajaran Kimia (Indonesia)</i> – 10(3)	Indonesia	109 estudiantes de décimo curso en la Educación Secundaria indonesia	Tests de tres niveles fundamentados en un protocolo de 2013.	Establecen que la mayoría de los estudiantes tienen errores respecto al enlace químico. Es un concepto tan abstracto que los estudiantes crean sus propios constructos no científicos fundamentándose en las ideas previas o alternativas que han formado. Indican que sería necesario emprender más estudios para poder proponer métodos de eliminación de ideas alternativas.
2021 Molvinger K., Lautier G., Ayral R. <i>Journal of Chemical Education</i> – 98(2)	Francia	58 estudiantes de decimo curso en centros de educación secundaria.	Se proporcionaron tests a los estudiantes, además de monitorizar las sesiones de juego en el centro.	En primer lugar, establecen que los alumnos están más cómodos cuando se utilizan situaciones de aprendizaje que los impliquen directamente. También concluyen que, en comparación con los alumnos de control (con un estilo de aprendizaje tradicional), los alumnos con juegos y situaciones de aprendizaje entiende el concepto de enlace completamente. En general, el artículo muestra cómo se puede enseñar sin tener un estilo de enseñanza tradicional (de clase magistral). Se pueden adaptar juegos de mesa tradicionales, como <i>Memory</i> , <i>¿Quién es quién?</i> y <i>el Juego de las</i>

				<i>Familias</i> , con fines educativos y didácticos, también el campo de la Física y la Química, con el enlace químico.
Nicoll G. <i>International Journal of Science Education</i> 2001	Estados Unidos de América	Población total de 56 estudiantes universitarios no graduados	Entrevistas de una hora con un protocolo semiestructurado	A pesar de que la muestra era pequeña y los resultados no pueden ser generalizados, los resultados muestran resultados inesperados en alumnos en bajos niveles. También declaran que estos errores son muy difíciles de revertir en estos niveles de estudios.
2018 Achutan K., Kolil V. K., Diwakar S. <i>Educ Inf Technol</i>	India	150 estudiantes de Química en la Educación Secundaria india.	Encuestas con el grado de conformidad con afirmaciones sobre la simetría molecular.	Además de conseguir información valiosa en las encuestas, también se ha comprobado que el uso de modelos moleculares y laboratorios virtuales afecta positivamente a las ideas alternativas de los estudiantes. También, las habilidades de discriminación y estimación en los docentes ayudan mucho a percibir estas ideas alternativas en los alumnos.
2013 Halim N.B., Bilal Ali M., Yahaya N. <i>Procedia – Social and Behavioral</i>	Malasia	Población de 28 estudiantes de una escuela de Johor, Malasia.	A los estudiantes se les daba un conjunto de preguntas relacionadas con el enlace químico y el nivel microscópico y	Con los instrumentos utilizados pudieron concluir que los estudiantes tienen dificultades encajando un compuesto químico en el nivel micro o macroscópico. Además, tienen la tendencia a crear modelos e imágenes no científicas para intentar entender conceptos científicos como el enlace químico.



Sciences – (224-228)			macroscópico.	
2009 Ünal S., Coştu B., Ayas A. <i>Journal of Turkish Science Education –</i> 7(2)	Turquía	58 estudiantes de 11º grado en la educación turca en la ciudad de Trabzon.	Una prueba que se componía de preguntas abiertas y entrevistas semiestructuradas sobre el enlace químico y covalente.	Los estudiantes presentan, mayoritariamente cuatro errores conceptuales sobre el enlace covalente: <ul style="list-style-type: none"> <li>- Los tipos o propiedades de los átomos que forman el enlace.</li> <li>- Cómo se forman los enlaces covalentes.</li> <li>- Los tipos de enlace covalente.</li> </ul> Características de las estructuras macroscópicas covalentes.
2001 Nicoll G. <i>International Journal of Science Education</i>	Estados Unidos de América	Población total de 56 estudiantes universitarios no graduados.	Entrevistas de una hora con un protocolo semiestructurado.	A pesar de que la muestra era pequeña y los resultados no pueden ser generalizados, los resultados muestran resultados inesperados en alumnos en bajos niveles. También declaran que estos errores son muy difíciles de revertir en estos niveles de estudios.
2001 Coll R., Taylor N. <i>Research in Science &amp; Technology Education – 19(2)</i>	Nueva Zelanda	30 estudiantes de tres niveles distintos: estudiantes de secundaria de entre 17 y 18 años, estudiantes universitarios de entre 19 y 20 años y estudiantes	Entrevistas semi-estructuradas fundamentadas en un protocolo detallado.	En este artículo concluyen que se pueden observar ideas alternativas en los tres niveles de educación estudiados. Además de las ideas alternativas más comunes entre alumnos también encontraron ideas alternativas respecto al tamaño de los iones, su forma y su estructura. Las ideas previas más comunes que se encontraron tenían que ver con la naturaleza de los enlaces iónicos y metálicos (se piensa que son enlaces moleculares).

		universitarios de entre 23 y 26 años.		
1999 De Posada, J.M. <i>Enseñanza de las Ciencias – 17(2)</i>	España	175 alumnos, de los cuales 61 eran de 2º de BUP, 70 de 3º de BUP y 44 de COU, desde distintos institutos españoles de la provincia de Málaga	Cuestionarios y grabaciones de situaciones en clase.	<p>En este estudio se llegan a varias conclusiones:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Algunos estudiantes aplican nociones macroscópicas al mundo microscópico.</li> <li>- Los estudiantes, en general, no entran en detalles de la naturaleza de los distintos tipos de enlace, simplemente los diferencian, sobre todo en el enlace covalente. Propone el uso de estructuras de Lewis como herramienta didáctica.</li> <li>- El concepto menos interiorizado por los alumnos es el de fuerza intermolecular.</li> <li>- El concepto de ion es muy complejo para muchos alumnos.</li> </ul> <p>En este estudio se proponen distintas herramientas didácticas:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Utilización sistemática de dibujos para ilustrar los conceptos. En estos dibujos debe aparecer más de una pareja de átomos o moléculas, ya que podría impulsar la idea alternativa de que existen moléculas en todo tipo de sustancias.</li> <li>- Las reacciones químicas que se estudien pueden llevar una fotografía o un dibujo que ilustren la contraparte macroscópica, dejando claras las diferencias.</li> <li>- Notación gráfica y diferenciadora de iones y átomos.</li> <li>- Recordar los tipos de enlaces “rotos” y “formados” en cada reacción química.</li> <li>- Proponer cuestiones <i>ad-hoc</i> para cualquier aspecto.</li> </ul>

**Tabla 2 - Análisis de las revisiones bibliográficas estudiadas ordenadas por año (de más reciente a más antiguo).**

Autor (es), revista, año.	País	Finalidad y Objetivos	Conclusiones
2019 Metalfina M., Wiji W., Mulyani S. <i>International Conference on Mathematics and Science Education</i>	Indonesia	Conocer los errores conceptuales y problemáticos para los alumnos, haciendo una revisión bibliográfica.	Después de la revisión concluyeron que los errores conceptuales en el enlace químico más comunes son: <ul style="list-style-type: none"> <li>- Pensar que hay compartición electrónica en el enlace iónico.</li> <li>- Pensar que hay transferencia de electrones en el enlace covalente.</li> <li>- Que los átomos se atraen entre sí en el enlace iónico.</li> <li>- Que en el enlace metálico hay transferencia electrónica.</li> </ul> Mientras tanto, los conceptos más problemáticos para los alumnos son: <ul style="list-style-type: none"> <li>- Propiedades periódicas de los elementos.</li> <li>- Configuración electrónica.</li> <li>- Discernir entre metal, metaloide o no metal.</li> </ul>
2019 Tsapalis G., Pappa E., Byers B. <i>Chemistry Teacher International</i>	Grecia	Estudiar las posibles técnicas y estrategias pedagógicas para enseñar el enlace químico en la educación secundaria.	Los estudiantes tienden a percibir la Química como un tema complejo, abstracto e inabarcable. Proponen estrategias para niveles altos y bajos de la educación secundaria. Por ejemplo, proponen el uso de teorías cuánticas para enseñar el enlace químico.
2019 Soeharto, Csapó B., Sarimanah E. <i>Jurnal Pendidikan IPA</i>	Indonesia	Estudiar los temas en los que los estudiantes cometen más errores y analizar el porqué de	Descubren que la Química tiene hasta doce conceptos problemáticos para los estudiantes. Se concluye que los test de varios niveles son los más utilizados para realizar diagnósticos de errores conceptuales, pero que una combinación de varias





Indonesia - 8(2)		esos errores, buscando los beneficios y las desventajas.	herramientas es mucho más eficaz.
2000 Campanario J.M. y Otero J.C. <i>Enseñanza de las Ciencias</i> - 18(2)	España	Estudiar los errores de los estudiantes de ciencias en relación con una “conspiración cognitiva” creada por las ideas previas o alternativas.	Sostiene que un buen diagnóstico de las ideas previas de los alumnos ayuda mucho para poder eliminarlas, además de demandar más formación en el profesorado para tenerlas en cuenta efectivamente.

