

# Análisis epistemológico del currículum LOMLOE de Química de la ESO de la Comunitat Valenciana

Juan Quílez 

*Grupo Especializado de Didáctica e Historia de la Física y la Química. RSEQ - RSEF. España. [jquilez@uji.es](mailto:jquilez@uji.es)*

[Recibido: 11 diciembre 2023, Revisado: 02 mayo 2024, Aceptado: 31 mayo 2024]

**Resumen:** Este estudio analiza los contenidos que especifica el nuevo currículum de Química de la ESO de la Comunitat Valenciana, así como su distribución a lo largo de la etapa, comparándolo con el currículum del Ministerio de Educación. En su estructura, dos ideas básicas se desarrollan cíclicamente a lo largo de los tres cursos: sustancia y reacción química, con la ayuda de la presentación progresiva de diferentes modelos. Esta evolución curricular está basada en la investigación educativa específica de la química, otorgando una importante relevancia a la competencia lingüística. Además, también enfatiza en la naturaleza del conocimiento científico y presta suficiente atención a aspectos de índole socio científico.

**Palabras clave:** Currículum; Contenidos; Competencias; Epistemología; Química

## Epistemological analysis of the LOMLOE Chemistry curriculum for ESO in the Valencian Community

**Abstract:** This study analyses the contents specified in the new Chemistry curriculum for ESO in the Valencian Community, as well as its distribution throughout this stage, comparing it with the curriculum of the Ministry of Education. Its structure stands on two basic ideas that develop cyclically throughout the three courses: substance and chemical reaction, with the help of the progressive presentation of different models. This curricular evolution is based on the specific educational research in chemistry, giving main relevance to the linguistic competence. In addition, it also emphasizes on the nature of scientific knowledge and pays sufficient attention to socio-scientific issues.

**Keywords:** Curriculum; Content; Competencies; Epistemology; Chemistry

---

**Para citar este artículo:** Quílez, J. (2024). Análisis epistemológico del currículum LOMLOE de Química de la ESO de la Comunitat Valenciana. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias* 21(2), 3304. doi:10.25267/Rev\_Eureka\_ensen\_divulg\_cienc.2024.v21.i2.3304

---

## Introducción

En cualquier reforma educativa que afecte a la enseñanza secundaria, el profesorado es el principal encargado de desarrollar en las aulas los principios generales que orientan su marco pedagógico. A la hora de poner en práctica el nuevo currículum oficial de cada materia, los docentes deben comprender su estructura en lo referido tanto a los elementos básicos que lo configuran como a su progresión en la etapa.

En el estudio de un currículum se pueden establecer los siguientes ámbitos de análisis: normativo, enseñado, aprendido y evaluado. En el entorno de la nueva ley de educación (LOMLOE), se precisa un estudio inicial de la primera categoría señalada. Este trabajo tiene como objetivo el intento de comprensión del nuevo currículum de Química de la ESO de la Comunitat Valenciana (Conselleria de Educació, Cultura y Deporte, 2022), en paralelo con el del Ministerio de Educación (2022). Esencialmente, este examen se va a centrar tanto en el entendimiento de la configuración y de la secuenciación de los contenidos establecidos (saberes básicos) como en el conocimiento de qué competencias específicas destacan para desarrollar su aprendizaje, considerando en ambos casos los criterios de evaluación asociados.

En función de los parámetros que se pueden establecer en la estructuración de un currículum pensado para la construcción de un pensamiento químico básico (Carrascosa et al., 1984; Sevian y Talanquer, 2014; Taber, 2015a), los objetivos que se plantean en este análisis son los siguientes:

- a) Analizar su grado de concreción curricular (comparando cómo se concreta respecto al del Ministerio de Educación), establecer los criterios fundamentales que lo organizan y conocer qué competencias específicas destacan sobre el resto.
- b) Examinar las ideas estructurantes que configuran su progresión curricular.
- c) Averiguar la relevancia que otorga a aspectos socio científicos.
- d) Determinar si está basado en la investigación educativa en química, particularmente respecto a la selección de contenidos, su secuenciación y sus orientaciones didácticas.

Este trabajo no sólo pretende ser de utilidad para el profesorado encargado de desarrollar este currículum, sino que también puede servir de referencia a posibles futuras investigaciones relacionadas. Para ayudar en su seguimiento, conviene aclarar en este momento los aspectos más relevantes de su estructura.

El primero de los objetivos planteados se atiende inicialmente en el epígrafe siguiente, que corresponde a la presentación general del currículum de la Comunitat Valenciana. En concreto, se exponen los criterios organizativos que lo inspiran y se señalan las diferencias fundamentales con respecto al currículum del Ministerio de Educación, referidas a su grado de concreción curricular y a las competencias específicas que destacan.

Esta introducción genérica necesita complementarse con la exposición pormenorizada del currículum a lo largo de toda la etapa. Por ello, a partir de esta discusión preliminar, se realiza un estudio detallado por cursos, señalándose los elementos curriculares concretos que se especifican y cómo se efectúa su progresión curricular. Para facilitar este examen, en cada nivel se han establecido unos subapartados. Sus distintas denominaciones han supuesto agrupar y ordenar los saberes básicos determinados por el currículum (en asociación con las principales competencias específicas) en función de los objetivos planteados en esta investigación.

Este criterio no sólo ha permitido dar sentido a la ordenación efectuada, sino que además supera la limitación que supone la simple mención de esos saberes, según aparecen listados en el currículum, sin prácticamente organización. En definitiva, esta configuración ha orientado el proceso de análisis, que se ha apoyado en averiguar si existe en cada caso investigación en la didáctica de la química que fundamente su inclusión en el nivel correspondiente.

Finalmente, la síntesis que corresponde a la integración del conjunto de datos obtenidos en cada uno de los tres cursos ha permitido enmarcar los fines propuestos de este trabajo referidos tanto a las principales ideas estructurantes que configuran este currículum como a los aspectos socio científicos que incluye.

### **Grado de concreción curricular, criterios organizativos y competencias específicas singulares**

El planteamiento competencial que inspira la LOMLOE (López-Rupérez, 2022) está asociado a un currículum flexible, poco especificado y escasamente organizado en cuanto a

sus contenidos, de forma que los aspectos teóricos pierden relevancia, ya que se centra esencialmente en el desarrollo de una serie de competencias básicas de presunta aplicación general, que todo el alumnado debería dominar al acabar la etapa secundaria obligatoria.

Esta fundamentación se encuadra en una visión de la educación que tiene como propósito final favorecer la prosperidad del país que la adopta, ya que se aduce que está dirigida a la adecuada preparación de la futura vida laboral (Hoeg y Bencze, 2017). Dentro de este escenario sociopolítico general ha encontrado particular acomodo el enfoque pedagógico paidocentrista (Zhang, 2016), en el que el alumno explora inductivamente de forma autónoma sobre problemas cotidianos que considera de interés, dejando escaso protagonismo al profesorado.

Esta base metodológica ha sido ampliamente criticada, de forma confluyente desde distintos ámbitos educativos (Quílez, 2022). La investigación educativa en ciencias cuestiona el énfasis de su orientación empirista, así como el papel auxiliar del profesorado (Osborne, 2019), lo que está asociado a unos resultados del aprendizaje que ponen en duda su pretendida efectividad (Zhang et al., 2022). Por su parte, la psicología cognitiva (Tricot y Sweller, 2014), la sociolingüística (Hirsch, 2016) y la teoría curricular (Wheeler, 2010) critican el supuesto desarrollo de competencias generales (resolución de problemas, pensamiento crítico, etc.) que tendrían la facultad de transferencia universal, así como el papel secundario que se otorga al conocimiento disciplinar. A pesar de ello, se está imponiendo a nivel internacional el establecimiento de un currículum abierto, contextualizado a situaciones de la vida diaria, de carácter práctico, en donde los contenidos científicos quedan desdibujados (Sevian y Talanquer, 2014), dejando con ello al profesorado amplios espacios de concreción curricular.

Cuanto más genérico y menos específico es el currículum de una materia, más difícil resulta realizar su análisis desde la perspectiva epistemológica para su posterior desarrollo en el aula. En nuestro caso, afortunadamente, el estudio del currículum de Química de la ESO en la Comunitat Valenciana se facilita por varios motivos. En primer lugar, quedan acotados con cierto detalle los contenidos que corresponden tanto a 2º de ESO como a 3º de ESO, a diferencia de lo señalado en el decreto del Ministerio de Educación, en donde aparecen agrupados. Además, el nivel de concreción curricular está mucho más definido, delimitando sus contenidos, de forma que se prioriza la profundidad sobre la amplitud, lo que se potencia mediante un desarrollo cíclico de conceptos clave a medida que se va avanzado en cada uno de los cursos (Talanquer, 2023). Este marco general permite establecer, como primer rasgo singular, la existencia de los siguientes criterios básicos de organización curricular:

- a) se consideran los conocimientos previos del alumnado. Este aspecto tiene especial relevancia en 2º de ESO, ya que es el primer curso en el que el alumnado estudia la asignatura Física y Química. A esta circunstancia se une la escasa atención que normalmente suelen tener estos contenidos en la etapa previa de primaria;
- b) se precisa el nivel de profundidad exigido, lo que está relacionado con el grado de demanda cognitiva de los contenidos trabajados. Particularmente, se procura realizar una aproximación gradual del estudio de materia, partiendo del conocimiento de una selección de propiedades macroscópicas, que progresivamente permiten ser explicadas teóricamente mediante el empleo de modelos;
- c) se propicia la generación de nuevos significados en contextos específicos, tratando de evitar, en definitiva, que se produzca un aprendizaje memorístico.

Concretamente, se introducen una serie de conceptos elementales articulados mediante una terminología técnica y académica, así como formas de expresión y de representación simbólicas, que van a ser en su conjunto el pilar sobre el que el alumnado podrá desarrollar el razonamiento científico.

Estos principios organizativos hacen que se posponga el estudio de algunos contenidos hasta 4º de ESO, que al ser una asignatura optativa lamentablemente no habrán podido estudiar todos los alumnos cuando finalicen esta etapa. Por tanto, dentro del limitado tiempo que se dispone en 2º y 3º de la ESO, el currículum realiza un balance entre los contenidos más básicos de química (procurando trabajar con ejemplos próximos y sencillos que correspondan a experiencias cotidianas, con la intención de englobar a todo el alumnado) y los que tienen un carácter más propedéutico, que permiten seguir avanzando en el estudio disciplinar de la química a un grupo de alumnos que manifiesten preferencia por las ciencias.

El currículum de Física y Química de la ESO de la Comunitat Valenciana establece 11 competencias específicas. Dos parámetros competenciales lo diferencian de forma notable del currículum del Ministerio de Educación. En primer lugar, destaca su insistencia respecto a las características y a las dificultades que presenta el lenguaje de la ciencia (Bulman, 1985; Quílez, 2016a), enfatizando en su terminología (Quílez, 2019; Wellington y Osborne, 2001) y en las diferentes formas discursivas mediante las que se conforma su comunicación tanto oral como escrita (Tang, 2021). Esta dimensión permite propiciar formas de pensamiento que faciliten dar significado a propiedades y procesos de la materia.

La segunda variable competencial está englobada en la primera, ya que se modula en torno a las ideas y a los conceptos que han permitido la construcción del conocimiento científico. En concreto, se trataría de tener presente cómo hemos llegado a saber lo que sabemos de química (Monk y Osborne, 1997), lo que implica conocer cómo ha ido evolucionando históricamente el intento de explicación del comportamiento de la materia, para lo que el empleo de modelos juega un papel fundamental (Justi y Gilbert, 2002; Niaz, 2016). En el desarrollo de estos aspectos teóricos explicativos se deben tener en cuenta las distintas formas (macro, submicro y simbólica) mediante las que el conocimiento científico se representa (Johnstone, 1991) y se comunica en el aula (Rees et al., 2019).

En definitiva, se trataría de asumir que todo profesor de química es un profesor de lengua y que toda clase de química es una clase de lengua (Quílez, 2016b), así como que la perspectiva epistemológica de la química ayuda a comprender su naturaleza (Niaz, 2009), lo que crea oportunidades que potencialmente pueden facilitar su aprendizaje (Quílez, 2021a).

## **Currículum de 2º de ESO**

El currículum de este curso se inicia con ideas científicas muy básicas, no específicamente de química, con el objetivo de construir una primera idea de los conceptos de sustancia y de reacción química. Además, señala que su enfoque se centra en el estudio macroscópico de la materia, introduciendo únicamente el modelo cinético-corpúscular. Esas dos ideas básicas se desarrollan de forma progresiva en los siguientes cursos, asociadas a nuevos modelos explicativos. Destaca el énfasis que pone en aspectos lingüísticos, en la construcción e interpretación de gráficas y en aspectos socio científicos relacionados con distintas sustancias químicas.

### Prerrequisitos en la construcción inicial del concepto de sustancia

El bloque que corresponde a la *materia* y sus transformaciones es el principal objeto de estudio del currículum de Química de este nivel. Conviene señalar, sin embargo, que los primeros conceptos que se trabajan (a diferencia del currículum del Ministerio de Educación) no son estrictamente de la química, ya que corresponden a prerrequisitos para la construcción inicial del concepto de sustancia (Ngai et al., 2014; Silva y Amaral, 2013):

- a) una primera clasificación de la materia que parte de la revisión de las ideas asociadas a sus distintos estados;
- b) ideas básicas relacionadas con algunas propiedades físicas características (densidad, temperaturas de fusión y de ebullición);

En este sentido, se debe destacar que los estudiantes en edades de transición de primaria a secundaria manifiestan problemas de aplicación y de clasificación de los conceptos de *sólido*, *líquido* y *gas* debido en muchos casos a su incorrecta definición en los libros de texto y al tipo de ejemplos que proporcionan (Stavy y Stachel, 1985; Stavy, 1988). El currículum de la Comunitat Valenciana realiza algunas indicaciones concretas para orientar al profesorado en la corrección de estas deficiencias.

El enfoque empleado en este bloque es principalmente macroscópico, aunque también se introducen algunas explicaciones teóricas que intentan justificar esas propiedades. Estas interpretaciones se restringen exclusivamente al modelo cinético-corpúscular (Harrison y Treagust, 2002; Tsaparlis y Sevian, 2013). La introducción de otros modelos en este nivel académico inicial no parece conveniente. La demanda cognitiva que necesitan, los conocimientos previos que se precisan para su entendimiento y el tipo de propiedades de la materia que explican, excederían un curso introductorio como este.

En la construcción progresiva del concepto de sustancia introduce la *densidad* como una las propiedades intensivas que la van a permitir caracterizar. Antes de introducir este concepto, el currículum considera necesario trabajar el concepto de *volumen*, haciendo explícito su carácter polisémico (Potari y Spiliotopoulou, 1996). Para muchos alumnos este término no es nuevo, pero puede estar restringido tanto en su significado (incluso todavía erróneamente asociado al concepto de *masa-peso*) como en su determinación por su conocimiento previo, pudiendo existir además todavía problemas de entendimiento en lo que se refiere a la idea de conservación.

En función del tipo de volumen que se pretenda determinar para un sólido, se debe elegir el procedimiento más adecuado. Para el caso del volumen ocupado por líquidos también se debe conocer el material necesario. Este conocimiento se puede extender al caso de gases, según indica también el currículum. Toda esta discusión es un buen momento para que el alumnado se inicie en técnicas de medida en el laboratorio y en el correcto manejo de unidades de masa y de volumen.

### Trabajo de laboratorio. Construcción e interpretación de gráficas

Más allá de definir directamente la *densidad* de una sustancia de una forma simple como la relación entre la masa y su volumen, este currículum propone una aproximación experimental mediante la construcción de gráficos  $m = f(V)$ , lo que además ayuda a reconocer la importancia de este tipo de representaciones en la construcción y en la comunicación del conocimiento científico. En este diseño experimental, asociado a un proceso dialógico en el que el profesor ayuda a construir modos de pensamiento científico a sus alumnos (Taber, 2015b), se pueden trabajar aspectos importantes de la metodología

científica como la emisión de hipótesis, así como la construcción de tablas y de gráficas y su interpretación (que incluye la correcta lectura de datos y la determinación de la correspondiente relación matemática), lo que permite su caracterización como propiedad *intensiva*.

En el trabajo en clase para apoyar la construcción de esta magnitud, el profesorado debería también proponer actividades que faciliten verbalizar al alumnado el entendimiento del lenguaje científico asociado a este concepto (Xu y Clark, 2012), complementadas con ejercicios prácticos que les ayuden a diferenciar sustancias diferentes (Hashweh, 2016). Con este fin, el currículum propone como problema la identificación de líquidos y de sólidos.

Dada la dificultad que presenta para el alumnado la elaboración y la comprensión de gráficas cartesianas (García y Perales, 2007), el currículum insiste en el adecuado desarrollo de este lenguaje, para lo que presenta nuevos casos de explicación de estas representaciones. Este estudio, que implica la realización de predicciones mediante la ejecución de distintos cálculos, incluye los siguientes casos: curvas de calentamiento o de enfriamiento de sustancias en las que se representen cambios de estado, curvas de variación de la solubilidad de varias sustancias con la temperatura, así como la continuación de este tipo de actividades en 3º de ESO.

### **Lenguaje académico de la química**

La perspectiva lingüístico-conceptual que se ha señalado para los términos *volumen* y *densidad*, así como los referidos a los estados de la *materia*, se manifiesta de forma repetida en el currículum a lo largo de este nivel. Particularmente, hace énfasis sobre la polisemia de otros términos clave como *modelo* y *sustancia* (con la ayuda, en este caso de la discusión del término *pura*). También destaca los términos asociados a procesos fisico-químicos que suponen una nominalización lingüística: *evaporación*, *sublimación*, *condensación*, etc. (Quílez, 2019). En estos casos, un nombre se ha derivado a partir de un verbo. De nuevo, este conocimiento lingüístico puede ser de ayuda al alumnado, ya que suele confundir los estados con los procesos (Chi et al., 1994). Finalmente, el currículum hace mención a otros términos (*inherente*, *propio*, *constante*, etc.) como ejemplos del lenguaje académico, no específicamente técnicos (aunque también polisémicos en la mayoría de los casos), que los alumnos deberían terminar dominando en este contexto para mejorar su nivel de comunicación científica (Gardner, 1980a; Quílez, 2019). En este sentido, el currículum menciona explícitamente los conectores, ya que son elementos básicos que ayudan a organizar una argumentación científica (Gardner, 1980b; Quílez, 2021b).

### **Utilización de modelos. Limitaciones**

Como ya se ha apuntado previamente, antes de introducir el concepto de reacción química, se han debido trabajar una serie de prerrequisitos conceptuales que permitan establecer el concepto de sustancia. De esta forma, el currículum deja pendiente en este curso la limitación del modelo corpuscular para explicar la diferencia entre *sustancia simple* y *compuesto*.

### **Relaciones química/sociedad**

Llegado a este punto, este currículum hace énfasis en una sección que posibilita el estudio de diversas cuestiones socio científicas (Ziman, 1980). Es decir, se trataría de abordar el estudio de sustancias que son relevantes por sus propiedades para nuestras vidas y la

sociedad. Todos los ejemplos mencionados (nitrógeno, oxígeno, agua, etc.) permiten estudiar y comprender situaciones próximas como el problema de la fijación del nitrógeno, la contaminación del aire y del agua o el papel del agua como disolvente. En este sentido, algunos de los casos señalados (amoníaco y aspirina) son particularmente idóneos, ya que se pueden efectuar aproximaciones históricas sobre su obtención y facilitar una reflexión crítica sobre su uso.

El currículum especifica los contenidos que corresponden a este apartado antes de tratar la reacción química. Quizás, en la práctica, la construcción inicial de este concepto convendría adelantarla para facilitar la comprensión de las propiedades de estas sustancias, ya que el tratamiento las relaciones química/sociedad lleva implícito un conocimiento básico de lo que supone un proceso químico.

### **Mezclas homogéneas y heterogéneas. Métodos de separación. Disoluciones**

El currículum avanza con el examen de sistemas materiales de más de un componente. El estudio de las mezclas y de los métodos de separación permite de nuevo desarrollar en el laboratorio procedimientos de trabajo científico. En este apartado se deben acotar los nuevos términos polisémicos que se introducen, como son *saturada* y *concentración*.

La expresión de la *concentración* de una disolución la limita a relaciones masa/volumen, lo que vuelve a ser una buena oportunidad para que el alumnado se inicie en técnicas de medida en el laboratorio de estas dos magnitudes (reforzando el correcto manejo de sus unidades), la preparación de distintas disoluciones, así como la comprensión y aplicación de esta relación matemática. En el trabajo en clase de esta magnitud, el profesorado debería reforzar el apropiado entendimiento por parte del alumnado del significado del concepto *disolución* (Çalýk et al., 2005). Además, los alumnos presentarán, al igual que en el caso de la densidad, problemas de comprensión que será necesario intentar superar (Raviolo et al., 2022).

### **Concepto macroscópico de reacción química. Aproximación experimental**

El concepto de reacción química se introduce en el currículum en primer lugar desde el punto de vista macroscópico como criterio para distinguir entre sustancias simples y compuestos. Esta presentación se puede apoyar mediante un soporte histórico con la conceptualización realizada por Lavoisier (Hendry, 2021).

Posteriormente, profundiza en el desarrollo de esta idea. En concreto, el currículum propone que el alumnado comprenda el significado de *reacción química* mediante una aproximación experimental que permita que se afiance este concepto desde el punto de vista macroscópico. El tipo de reacciones que indica para su realización en el laboratorio pueden tener como referencia la propuesta realizada por Hierrezuelo y Bullejos (1995), que tiene como origen la serie trabajos iniciada por de Vos y Verdonk (1985). Pretende, en definitiva, que los estudiantes distingan los procesos físicos de las reacciones químicas mediante un proceso de indagación orientado por el profesor, ya que se permite la discusión crítica referida a la identificación sencilla de nuevas sustancias (cambios de color, precipitación de sólidos insolubles, formación de gases), así como la puesta de manifiesto de cambios bruscos de temperatura.

Se debe señalar que el currículum del Ministerio de Educación no realiza ninguna especificación con respecto a esta construcción del concepto de reacción química. Esta aproximación experimental de la reacción química también contempla el estudio cualitativo de la velocidad de reacción y de los factores de los que depende, así como una

introducción fenomenológica a las reacciones ácido-base. El currículum señala el refuerzo de estas ideas con la ayuda de ejemplos variados de la vida diaria.

### **Inicio de construcción del concepto elemento químico**

Llegado a este punto, el currículum inicia un proceso de construcción del concepto *elemento químico*. A pesar de que es una idea central de la química y de su enseñanza, sobre lo que existe una amplia bibliografía por los problemas que surgen debido a sus diferentes acepciones (Scerri y Ghibaudi, 2020), no se menciona en el currículum del Ministerio de Educación. En el de la Comunitat Valenciana se vuelve a tratar tanto en 3º como en 4º de ESO, procurando respetar su evolución conceptual. De nuevo realiza una mención histórica, que en esta ocasión corresponde al primer congreso de química, celebrado en Karlsruhe (Cid, 2009), lo que puede ayudar a comprender el contexto del criterio de clasificación de elementos químicos realizado por Mendeleiev (Hendry, 2021).

La elaboración de la primera tabla periódica se presenta en el currículum como una necesidad pedagógica de su autor ante la ‘explosión’ en el número de nuevas sustancias simples descubiertas a lo largo del siglo XIX. Incide sobre los éxitos de la clasificación de Mendeleiev, así como en sus limitaciones (Giunta et al., 2021; Scerri, 2007). La explicación electrónica de las distintas familias y grupos del sistema periódico la introduce por vez primera en 4º de ESO y encuentra justificación completa en primero de bachillerato.

### **Aspectos culturales de la Tabla Periódica**

Otros aspectos culturales más generales sobre los elementos químicos que también singularizan a este currículum son: elementos descubiertos por españoles (Elguero, 2007); criterios de nomenclatura y controversias (Atanassova, 2015; García-Martínez, 2019; Goya y Román, 2005; Ringnes, 1989); abundancia en el universo, la Tierra y en el cuerpo humano, así como su importancia biológica y las enfermedades ocasionadas por su déficit.

## **Currículum de 3º de ESO**

Según se ha señalado previamente, el currículum de 2º de ESO consta de una primera parte en la que el estudio de la asignatura todavía no realiza una diferencia clara entre la física y la química. A pesar de esta circunstancia, todos los aspectos incluidos en la discusión precedente se han enmarcado dentro de la parte de la química. Algo semejante ocurre en el currículum de 3º de ESO, ya que el estudio del estado gaseoso se va a incluir en la parte que corresponde al currículum de química. Esto permite establecer una transición explicativa desde el modelo cinético-corpúscular al modelo de Dalton.

Lamentablemente, a diferencia de los otros dos cursos de la ESO en los que se asignan 3 horas/semana y de lo estipulado en muchas comunidades autónomas, en este nivel sólo se dispone de 2 horas semanales, lo que supone una reducción lectiva del 33%. La selección de saberes del currículum se adapta a esta limitación. Este hecho tiene consecuencias negativas sobre los contenidos que efectivamente se pueden impartir en este nivel, lo que perjudica singularmente al alumnado de esta comunidad autónoma.

### **El estado gaseoso. Modelo cinético-corpúscular**

Un primer punto de revisión de los contenidos introducidos en 2º de ESO es el estudio del estado gaseoso. De nuevo, el currículum realiza orientaciones lingüístico-conceptuales, en este caso referidas a varios de los términos técnicos que corresponden a las propiedades de los gases. Además, el estudio de la construcción y la interpretación de gráficas iniciado en

2º de ESO se refuerza en este caso mediante las representaciones del tipo  $V = f(T)$ ,  $P = f(T)$  y  $P = f(V)$ .

El modelo cinético-corpúscular introducido el curso anterior lo emplea para explicar ahora las propiedades de los gases, haciendo de nuevo énfasis en el significado de *modelo científico*. Particularmente, el currículum insiste en que el alumnado diferencie entre modelo y la realidad que pretende explicar (Renström et al., 1990). En este sentido, hace mención (a diferencia del currículum del Ministerio de Educación) a algunas dificultades y errores que suelen presentar los estudiantes, como la asunción de la idea de vacío o la atribución de propiedades macroscópicas (color, capacidad de expansión/contracción, dureza/blandura, etc.) a las partículas (Harrison y Treagust, 2002), que propone tratar con la ayuda de simulaciones.

Finalmente, un nuevo apartado del enfoque socio científico lo presenta mediante el estudio de la composición de la atmósfera, haciendo especial énfasis sobre aspectos de contaminación: fuentes, los efectos que produce y acciones para evitarla.

### **Revisión de los conceptos de sustancia simple y compuesto**

Un segundo punto singular de este currículum es la revisión de los conceptos de *mezcla* y de sustancia (pura: *simple* y *compuesto*), introducidos el curso anterior. Recuerda la limitación del modelo de partícula para distinguir entre sustancia simple y compuesto. El modelo de Dalton, que explica las leyes ponderales, va a superar esa limitación del modelo corpúscular.

### **Revisión y ampliación del concepto macroscópico de reacción química**

Un tercer aspecto específico, que también desarrolla lo estudiado el curso anterior, corresponde a la construcción del concepto de *reacción química*. El currículum vuelve a incidir sobre su comprensión macroscópica. Como se ha señalado previamente, esta idea, trabajada en el laboratorio en 2º de ESO, parece que conviene que se refuerce. El currículum establece esta consolidación previa para dar paso a su ampliación mediante la introducción de las leyes de Lavoisier y de Proust. En este caso, de nuevo propone una aproximación experimental mediante la indagación guiada en el estudio de la conservación de la masa (Özmen y Ayas, 2003), particularmente en el caso de reacciones en las que participen sustancias gaseosas (Bueso et al., 1988; Watson et al., 1997).

### **Rivalidad de los primeros modelos teóricos de explicación de las reacciones químicas**

En este punto el currículum se detiene para establecer una aproximación histórica acerca de los modelos teóricos rivales de explicación inicial de la reacción química (Sukopp, 2018): el descubrimiento experimental del oxígeno (Scheele y Priestley), enmarcado en la teoría del *flogisto* (Gallego et al., 2015), así como la interpretación teórica proporcionada por Lavoisier que unificó los procesos de *combustión*, la *calcinación* de los metales y la *respiración* de los seres vivos.

### **El hidrógeno: alternativa energética medioambientalmente limpia**

Posteriormente, presenta un nuevo ejemplo de relación química/sociedad: el hidrógeno como fuente alternativa de energía, medioambientalmente limpia, como alternativa a la combustión de hidrocarburos. En el desarrollo de este apartado, convendría estudiar los problemas que supone su obtención, almacenamiento y transporte, y cómo se están intentando resolver, así como las ventajas que representa la obtención de energía en su reacción con el oxígeno.

### **Explicación submicroscópica de la reacción química. Modelo de Dalton**

Finalmente, el currículum introduce el modelo de Dalton (Viana y Porto, 2010; Pellón, 2012) para explicar las leyes ponderales. Este modelo también permite superar la limitación del modelo corpuscular, al poder explicar la diferencia entre sustancia simple y compuesto, lo que propicia introducir la fórmula que los representa. De esta forma, recupera, además, la idea de *elemento químico* introducida el curso anterior (Hendry, 2021).

La representación submicroscópica de reacciones químicas que proporciona el modelo de Dalton (en la que los distintos elementos se conservan, aunque agrupados de forma distinta), se reformula finalmente mediante los símbolos de los distintos elementos químicos. El currículum señala la necesidad de establecer la simbología que corresponde a una ecuación química en la interpretación de cada proceso químico (Nurrenbern y Pickering, 1987). Se indica que la comprensión del significado de esta representación se realice en función de las proporciones o relaciones que corresponden a los números que acompañan a cada una de las especies químicas representadas, superando su asociación simple a unas sumas.

Aunque el modelo de Dalton se revisa en 4º de ESO, deja pendiente para primero de bachillerato la resolución de la limitación de este modelo para asignar correctamente la fórmula de compuestos sencillos como el agua o el amoníaco, así como el estudio histórico acerca de la determinación de masas atómicas.

### **Currículum de 4º de ESO**

En este nivel el currículum de química se presenta más específico y disciplinar que en los dos cursos previos, por lo que sus contenidos poseen una mayor demanda conceptual. Se corresponde al bloque denominado el mundo material y sus cambios.

#### **Estructura de la materia. Revisión del concepto elemento químico**

En el apartado correspondiente a los modelos atómicos, el enlace químico y el sistema periódico, el currículum revisa el concepto de *elemento químico*. Para ello, realiza la secuencia de los siguientes modelos: Dalton → Thomson → Rutherford. Es decir, parte del modelo de Dalton, introducido en el curso previo para explicar las leyes ponderales. Los siguientes modelos se presentan como un intento de dar cuenta de las propiedades de la materia para las que el modelo precedente está limitado. Por ello, el currículum vuelve a explicitar la importancia de conocer el significado del concepto de *modelo*.

En esta reconstrucción histórica, el currículum resalta aspectos clave del conocimiento científico, como es el caso de las controversias. En concreto, el debate acerca de la naturaleza de los *rayos catódicos* (luz o partículas cargadas), así como la controversia Thomson-Rutherford en la explicación de la desviación de las *partículas alfa* correspondiente al experimento de Geiger y Marsden. Esta aproximación histórica (Niaz y Maza, 2011), que tiene continuidad en los dos cursos de bachillerato, puede permitir superar la crítica que se ha realizado a la presentación tradicional de estos modelos en los libros de texto (Justi y Gilbert, 2002; Niaz, 2016).

Con el modelo de Thomson introduce la idea de la divisibilidad de los *átomos*, así como que están compuestos por electrones. Por otra parte, con el modelo de Rutherford presenta la idea de átomo *vacío*, así como la de *núcleo atómico*, lo que va a permitir asociar el concepto de elemento químico al *número atómico* (*Z*) (Hendry, 2021). Con la ayuda de

estas ideas básicas, el currículum propone explicar la existencia de *isótopos* y la formación de *iones* (*cationes* y *aniones*).

El modelo de Rutherford también permite revisar el criterio de ordenación de los elementos químicos del sistema periódico. En este sentido, el currículum no considera una introducción formal de la expresión de las correspondientes configuraciones electrónicas en distintos orbitales, sino que propone una lectura explicativa del sistema periódico mediante la distribución de electrones por capas, de forma que los elementos de una misma familia tienen el mismo número de electrones en la última capa. Esta interpretación elemental permite además establecer un primer criterio para la formación de iones en cada familia.

A pesar de la limitación de este método, se posibilita extender este criterio para introducir el modelo de interacción eléctrica en la formación de compuestos *iónicos*. En el caso de *moléculas* sencillas, este tipo de fuerzas también permiten el establecimiento del concepto de enlace *covalente* y su representación mediante *estructuras de Lewis*, sin mención en el currículum de la *regla del octeto*, probablemente por ser un concepto enseñado de supuesta estabilidad, que actúa como obstáculo de aprendizaje en la comprensión del enlace químico y las reacciones químicas (Taber, 2024). No se introducen los modelos de enlace intermolecular y de enlace metálico. De esta forma, la explicación de las propiedades de los distintos tipos de sólidos, en función de las fuerzas eléctricas que corresponden a los distintos tipos de enlace, el currículum la deja pendiente para el bachillerato.

### **Formulación y nomenclatura de compuestos inorgánicos**

Se debe señalar que la formulación y la nomenclatura inorgánicas las restringe a compuestos binarios sencillos, evitando el énfasis que se ha otorgado tradicionalmente a este apartado. El estudio sistemático de estas reglas queda pospuesto a primero de bachillerato.

### **Ampliación del concepto macroscópico de reacción química: procesos reversibles y clasificación como procesos endotérmicos y exotérmicos**

El concepto de reacción química lo vuelve a revisar en este nivel, introduciendo nuevos elementos conceptuales. En primer lugar, el concepto macroscópico de reacción química lo amplía mediante una aproximación experimental a *procesos reversibles*, ya que hasta ahora sólo se han estudiado procesos que ocurren en un sentido.

Finalmente, el currículum vuelve a incidir, a nivel experimental, ampliando lo trabajado en este sentido en cursos previos, sobre los cambios energéticos que acompañan a las reacciones químicas, clasificándolas en *exotérmicas* y *endotérmicas*.

### **Cantidad de sustancia**

Otro aspecto nuevo que señala para el estudio del significado simbólico de las ecuaciones químicas, como forma de representación las reacciones químicas, es la necesidad del concepto de *cantidad de sustancia* y su unidad el *mol* (Pekdag y Azizoglu, 2013). Llama la atención que en el currículum del Ministerio de Educación no se establezca esta necesidad, pero todavía más que hable de cantidad de ‘materia’ y de ‘número’ de moles.

Las relaciones introducidas inicialmente en 3º de ESO a nivel molecular a partir de la interpretación de los coeficientes que aparecen en cada especie química en una ecuación química encuentran ahora un nuevo marco de relaciones matemáticas a nivel macroscópico con la ayuda de esta nueva magnitud. Además, según el currículum, también se posibilita relacionar los conceptos de *masa atómica* y *masa molecular* con el de *masa molar*. Los

cálculos estequiométricos los restringe al caso de masa-masa, dejando pendiente el resto de situaciones para primero de bachillerato.

### Introducción a la química orgánica

El último apartado del currículum corresponde a la iniciación a la química del carbono. El primer punto es una introducción histórica referida a la evolución en el estudio de estas sustancias desde la química de los seres vivos a la química del carbono (Ramberg, 2000). Presenta los principales tipos de compuestos orgánicos y señala su importancia, haciendo referencia a cuestiones de tipo energético y medioambiental, así como para el origen y desarrollo de la vida. Finalmente, dedica un espacio a la nomenclatura y la formulación de compuestos orgánicos de cadena corta con un solo grupo funcional.

### Síntesis curricular de toda la etapa

#### Ideas centrales

A lo largo de los tres cursos se trabajan dos ideas centrales de la química (Johnson y Tymms, 2011; de Jong y Taber, 2014): sustancia y reacción química (desde los tres niveles de conceptualización: macro, submicro y simbólico), con la ayuda de diferentes modelos explicativos.

Dado que se trata de conceptos difíciles por su grado de abstracción y complejidad, se precisan largos periodos de tiempo para su adecuada asimilación (Hartman et al., 2022). Por ello, el currículum se desarrolla en espiral, de forma que estas dos ideas fundamentales se vuelven a tratar para darles una dimensión cognitiva más amplia. En la Tabla 1 se esquematiza cómo se realiza esta progresión en cada curso.

El orden con el que se presentan estos dos conceptos y su acotación curricular resultan adecuados para su progresiva construcción conceptual: el estudio del concepto de sustancia precede en cada nivel al de reacción química. Además, inicialmente, el enfoque es exclusivamente macroscópico, incorporándose paulatinamente la conceptualización submicro y la representación simbólica.

**Tabla 1.** Progresión curricular de conceptos clave de química en la ESO.

Concepto	Progresión curricular		
	2º ESO	3º ESO	4º ESO
Sustancia	Macro: un solo componente; propiedades características (densidad, temperaturas de fusión y de ebullición; solubilidad en agua); cambios de estado Submicro: modelo de partícula: estados de la materia y sus cambios; diferencia entre mezcla y sustancia.	Submicro: modelo de Dalton; diferencia entre sustancia simple y compuesto. Simbólico: fórmulas químicas.	Macro: cantidad de sustancia y mol. Masa molar. Submicro: masa atómica y masa molecular. Simbólico: fórmulas de compuestos iónicos y de moléculas sencillas.
Reacción química	Macro: formación de nuevas sustancias; diferencia entre sustancia simple y compuesto; factores de los que depende la velocidad de reacción; clasificación de sustancias como ácidos y bases.	Macro: formación de nuevas sustancias; leyes de Lavoisier y de Proust; participación de gases. Submicro: modelo de Dalton. Simbólico: representación ecuación química y significado (proporciones) a nivel molecular.	Macro: procesos reversibles y clasificación de reacciones exotérmicas y endotérmicas. Simbólico: representación ecuación química y significado (proporciones) a nivel molar.

## Aspectos socio científicos

La construcción del pensamiento químico la complementa con el conocimiento de aspectos socio científicos concretos, sobre lo que el currículum del Ministerio de Educación sólo realiza apreciaciones genéricas. En la Tabla 2 se distribuye por cursos esta dimensión química/sociedad. Se aprecia un mayor énfasis al principio, quizás como elemento inicial de ayuda motivacional. Si bien esta reducción gradual parece pertinente, ya que posibilita tratar adecuadamente el resto de contenidos especificados en el escaso tiempo disponible, la extensión de su alcance curricular suele ser objeto de debate entre el profesorado de ciencias experimentales.

**Tabla 2.** Relaciones química/sociedad en cada curso de la ESO

Relaciones química/sociedad		
2º ESO	3º ESO	4º ESO
Importancia de sustancias cotidianas: nitrógeno, oxígeno y agua. Amoníaco y aspirina: obtención, aplicaciones y peligros. Importancia de algunas sustancias simples: helio, carbono, hierro, silicio y aluminio. Elementos químicos: descubrimiento por españoles; criterios de nomenclatura y controversias; abundancia en el universo, la Tierra y en el cuerpo humano; importancia biológica y enfermedades.	Composición de la atmósfera y contaminación: fuentes, efectos y acciones para evitarla. El hidrógeno como fuente alternativa de energía, medioambientalmente limpia.	Importancia de los compuestos orgánicos: cuestiones de tipo energético y medioambiental, así como para el origen y desarrollo de la vida.

## Conclusiones e implicaciones

Este estudio ha analizado los conocimientos básicos de química y su organización en el nuevo currículum de la Comunitat Valenciana para la ESO, así como su asociación a las capacidades específicas propias del pensamiento y del trabajo científico, adaptadas al contexto escolar.

De este análisis, según los objetivos propuestos, se pueden establecer las siguientes conclusiones:

- Comparado con el del Ministerio de Educación, en este currículum se especifican con mucho más detalle los contenidos que se deben tratar en cada uno de los tres cursos. Su estructura, así como las delimitaciones que realiza referidas a su progresión, facilitan su interpretación y lo hacen factible.
- Los contenidos que se recogen tienen en cuenta el conocimiento previo del alumnado. A partir de estas ideas iniciales, se establece una construcción cíclica de conceptos clave, lo que implica aumentar progresivamente su grado de demanda conceptual, que se manifiesta con la presencia de distintos modelos, así como con la consideración de cuestiones epistémicas referidas a la naturaleza del conocimiento científico.
- Las formas de razonar que el alumnado debe ir desarrollando gradualmente están estrechamente asociadas a un vocabulario académico específico (técnico y no técnico), así como a distintas formas de comunicación multimodal, que el currículum establece como elemento competencial fundamental, a partir de las que

va a poder comprender y expresar ideas científicas, como componente básico de su educación científica.

- d) La organización curricular realizada progresa en torno a dos ideas estructurantes fundamentales: sustancia y reacción química. En cada curso se proponen revisiones y ampliaciones de estos dos conceptos mediante trabajos prácticos y modos de representación que pretenden ayudar a su comprensión conceptual.
- e) Los temas socio científicos disminuyen gradualmente a medida que el currículum adopta un enfoque más disciplinar. En su conjunto, los elementos tratados se muestran adecuados por contemplar aspectos actuales relacionados con la obtención y el empleo de materiales, la salud, el uso de medicamentos, de fertilizantes o de explosivos, ayudando a generar pensamiento crítico sobre cuestiones candentes referidas a fuentes alternativas de energía y a problemas de contaminación.
- f) Según revelan la citas de este trabajo, la selección y la secuenciación curricular realizadas se fundamentan en aspectos básicos de la investigación educativa de la/s química/ciencias, por lo que su estudio proporciona una potencial guía segura de desarrollo curricular.

Finalmente, se quiere resaltar que existe un notable contraste entre la normativa curricular del Ministerio de Educación (de poco detalle y escasa organización) y la de esta comunidad autónoma (con un tratamiento de los contenidos explícitamente distribuido por cursos, más acotado y determinado). La especificación que realiza el currículum de la Comunitat Valenciana, según las seis conclusiones anteriores, supone una ventaja para el profesorado, ya que le ayuda a precisar la evaluación y le permite que su actividad se centre en la difícil y trabajosa tarea que supone su desarrollo en el aula mediante el diseño previo de las correspondientes secuencias de aprendizaje.

Por otro lado, este trabajo únicamente ha estudiado la parte normativa del currículum, por lo que quedarían pendientes nuevos estudios que analicen cómo se enseña, qué se aprende y qué y cómo se evalúa. Además, también abre la posibilidad de realización de otros estudios de investigación educativa que pretendan establecer nuevos tipos de comparaciones curriculares.

## Referencias

- Atanassova, M. (2015). Naming of Chemical Elements. *Chemistry: Bulgarian Journal of Science Education*, 24(1), 125-144.
- Bueso, A., Furió, C. y Mans, C. (1988). Interpretación de las reacciones de oxidación-reducción por los estudiantes. Primeros resultados. *Enseñanza de las Ciencias*, 6(3), 244-250. <https://raco.cat/index.php/Ensenanza/article/view/51101>
- Bulman, L. (1985). *Teaching language and study skills in secondary science*. Heinemann.
- Çalýk, M., Ayas, A. y Ebenezer, J. V. (2005). A review of solution chemistry studies: Insights into students' conceptions. *Journal of Science Education and Technology*, 14, 29–50. <https://doi.org/10.1007/s10956-005-2732-3>
- Carrascosa, J., Furió, C. y Gil, D. (1984). Criterios básicos para la elaboración de un currículum de Física y Química. *Enseñanza de las Ciencias*, 2, 103-110. <https://raco.cat/index.php/Ensenanza/article/view/50710>

- Chi, M. T. H., Slotta, J. D. y de Leeuw, N. (1994). From things to processes: A theory of conceptual change for learning science concepts. *Learning and Instruction*, 4, 27–43. [https://doi.org/10.1016/0959-4752\(94\)90017-5](https://doi.org/10.1016/0959-4752(94)90017-5)
- Cid, R. (2009). El Congreso de Karlsruhe: paso definitivo hacia la química moderna. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 6(3), 396-407. <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=92013010006>
- Conselleria de Educació, Cultura y Deporte (2022). DECRETO 107/2022, por el que se establece la ordenación y el currículo de Educación Secundaria Obligatoria. DOGV Num. 9403.
- de Jong, O. y Taber, K. S. (2014). The Many Faces of High School Chemistry. En N. G. Lederman y S. K. Abell (Eds) *Handbook of Research on Science Education*, pp. 457–480. Vol. 2. Routledge.
- de Vos, W. y Verdonk, A. H. (1985). A New Road to Reactions. Part 1. *Journal of Chemical Education*, 62(3), 238-240. <https://doi.org/10.1021/ed062p238>
- Elguero, J. (2007). España y los elementos de la tabla periódica. *Anales de Química*, 103, 70-76. <https://analesdequimica.es/index.php/AnalesQuimica/article/view/1561>
- Gallego, R., Pérez, R. y Gallego, P. (2015). Del modelo científico del flogisto al modelo de la oxidación. El concepto de frontera. *Educación Química*, 24, 242-249. <https://doi.org/10.1016/j.eq.2015.03.001>
- García, J. J. y Perales, F. J. (2007). ¿Comprenden los estudiantes las gráficas cartesianas usadas en los textos de ciencias? *Enseñanza de las Ciencias*, 25(1), 107-132. <https://raco.cat/index.php/Ensenanza/article/view/87865>
- García-Martínez, J. (2019). Controversies, compromises and the common chemical language. *Nature Chemistry*, 11, 853-856. <https://doi.org/10.1038/s41557-019-0336-4>
- Gardner, P. L. (1980a). Difficulties with non-technical scientific vocabulary amongst secondary school students in the Philippines. *The Australian Science Teachers' Journal*, 26(2), 82–90.
- Gardner, P. L. (1980b). Identification of specific difficulties with logical connectives in science among secondary school students. *Journal of Research in Science Teaching*, 17(3), 223–229. <https://doi.org/10.1002/tea.3660170306>
- Giunta, C.J.; Mainz, V.V.; Girolami, G.S. (2021). *150 Years of the Periodic Table*. Springer.
- Goya, P. y Román, P. (2005). Wolfram vs. tungsten. *Chemistry International - Newsmagazine for IUPAC*, 27(4), 26-28. <https://doi.org/10.1515/ci.2005.27.4.26>
- Hashweh, M. Z. (2016). The complexity of teaching density in middle school. *Research in Science & Technological Education*, 34(1), 1–24. <https://doi.org/10.1080/02635143.2015.1042854>
- Harrison, A.G. y Treagust, D. F. (2002). The particulate nature of matter: challenges in understanding the submicroscopic world. En de Jong, O., Justi, R., Treagust, D. F. y van Driel, J. H. (Eds.). *Chemical education: towards research-based practice* (pp. 189–212). Kluwer.

- Hartman, J. R., Nelson, E. A. y Kirschner, P. A. (2022). Improving student success in chemistry through cognitive science. *Foundations of Chemistry*, 24(2), 239-261. <https://doi.org/10.1007/s10698-022-09427-w>
- Hendry, R. F. (2021). Elements and (first) principles in chemistry. *Synthese*, 198 (Suppl. 14), S3391–S3411. <https://doi.org/10.1007/s11229-019-02312-8>
- Hierrezuelo, J. y Bullejos, J. (1995). *Ciencias de la naturaleza III: tercer curso de Educación Secundaria Obligatoria*. MEC.
- Hirsch, E. D. (2016). *Why Knowledge Matters. Rescuing Our Children from Failed Educational Theories*. HEP.
- Hoeg, D. G. y Bencze, J. L. (2017). Values underpinning STEM Education in the USA: An analysis of the Next Generation Science Standards. *Science Education*, 101(2), 278–301. <https://doi.org/10.1002/sce.21260>
- Justi, R. y Gilbert, J. K. (2002). Models and modelling in chemical education. En de Jong, O., Justi, R., Treagust, D. F. y van Driel, J. H. (Eds.). *Chemical education: towards research-based practice* (pp. 47–68). Kluwer.
- Johnson, P. y Tymms, P. (2011). The emergence of a learning progression in middle school chemistry. *Journal of Research in Science Teaching*, 48(8), 849–877. <https://doi.org/10.1002/tea.20433>
- Johnstone, A. H. (1991). Why is science so difficult to learn? Things are seldom what they seem. *Journal of Computer Assistance Learning*, 7, 76–83. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2729.1991.tb00230.x>
- López-Rupérez, F. (2022). El enfoque del currículo por competencias. Un análisis de la LOMLOE. *Revista Española de Pedagogía*, 80 (281), 55–68. <https://doi.org/10.22550/REP80-1-2022-05>
- Ministerio de Educación y Formación Profesional (2022). Real Decreto 217/2022, por el que se establece la ordenación y las enseñanzas mínimas de la Educación Secundaria Obligatoria. BOE Núm. 76.
- Monk, M. y Osborne, J. (1997). Placing the history and philosophy of science on the curriculum: a model for the development of pedagogy. *Science Education*, 81, 405–424. [https://doi.org/10.1002/\(SICI\)1098-237X](https://doi.org/10.1002/(SICI)1098-237X)
- Ngai, C., Sevian, H. y Talanquer, V. (2014) What is this Substance? What Makes it Different? Mapping Progression in Students' Assumptions about Chemical Identity. *International Journal of Science Education*, 36(14), 2438-2461. <https://doi.org/10.1080/09500693.2014.927082>
- Niaz, M. (2009). *Critical Appraisal of Physical Science as a Human Enterprise*. Springer.
- Niaz, M. (2016). *Chemistry Education and Contributions from History and Philosophy of Science*. Springer.
- Niaz, M. y Maza, A. (2011). *Nature of Science in General Chemistry Textbooks*. Springer.
- Nurrenbern, S. y Pickering, M. (1987). Concept learning vs. problem solving: Is there a difference? *Journal of Chemical Education*, 64(6), 508–510. <https://doi.org/10.1021/ed064p508>

- Osborne, J. F. (2019). Not “hands on” but “minds on”. *Science Education*, 103(5), 1280–1283. <https://doi.org/10.1002/sce.21543>
- Özmen, H. y Ayas, A. (2003). Students’ difficulties in understanding of the conservation of matter in open and closed-system chemical reactions. *Chemistry Education Research and Practice*, 4(3), 279–290. <https://pubs.rsc.org/en/content/articlehtml/2003/rp/b3rp90017g>
- Pekdag, B. y Azizoglu, N. (2013). Semantic mistakes and didactic difficulties in teaching the “amount of substance” concept: a useful model. *Chemistry Education Research and Practice*, 14, 117-129. <https://doi.org/10.1039/C2RP20132A>
- Pellón, I. (2012). *El Atomismo en Química. Un Nuevo Sistema de Filosofía Química*. Universidad de Alicante.
- Potari, D. y Spiliotopoulou, V. (1996). Children’s Approaches to the Concept of Volume. *Science Education*, 80(3), 341-360. [https://doi.org/10.1002/\(SICI\)1098-237X](https://doi.org/10.1002/(SICI)1098-237X)
- Quílez, J. (2016a). El lenguaje de la ciencia como obstáculo de aprendizaje de los conocimientos científicos y propuestas para superarlo. *Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências*, 16(2), 449–476. <https://periodicos.ufmg.br/index.php/rbpec/article/view/4383>
- Quílez, J. (2016b). ¿Es el profesor de Química también profesor de Lengua? *Educación Química*, 27(2), 105–114. <http://dx.doi.org/10.1016/j.eq.2015.10.002>
- Quílez, J. (2019). A categorisation of the terminological sources of student difficulties when learning chemistry. *Studies in Science Education*, 55(2), 121-167. <https://doi.org/10.1080/03057267.2019.1694792>
- Quílez, J. (2021a). Supporting Spanish 11th grade students to make scientific writing when learning chemistry in English: the case of logical connectives. *International Journal of Science Education*, 43(9), 1459–1482. <https://doi.org/10.1080/09500693.2021.1918794>
- Quílez, J. (2021b). Aproximación histórica a momentos clave en el desarrollo de la química. Oportunidades para su enseñanza. *Anales de Química RSEQ*, 117(2), 109-121.
- Quílez, J. (2022). El movimiento STEM en el currículum: origen, fundamentación y análisis crítico. *Anales de Química RSEQ*, 118(3), 199-205.
- Ramberg, P. J. (2000). The Death of Vitalism and The Birth of Organic Chemistry: Wohler's Urea Synthesis and the Disciplinary Identity of Organic Chemistry. *Ambix*, 47(3), 170-195. [10.1179/amb.2000.47.3.170](https://doi.org/10.1179/amb.2000.47.3.170)
- Raviolo, A., Schroh, N. T. y Farré, A. (2022). La comprensión de estudiantes de primer año de universidad del concepto de concentración expresada en gramos por litro. *Enseñanza de las Ciencias*, 40(1), 143–159. <https://doi.org/10.5565/rev/ensciencias.3267>
- Renström, L, Anderson, B. y Marton, F. (1990). Students’ conceptions of matter. *Journal of Educational Psychology*, 82(3), 555–569. <https://doi.org/10.1037/0022-0663.82.3.555>

- Rees, S.; Kind, V. y Newton, D. (2019). Meeting the Challenge of Chemical Language Barriers in University Level Chemistry Education. *Israel Journal of Chemistry*, 59(6-7), 470-477. <https://doi.org/10.1002/ijch.201800079>
- Ringnes, V. (1989). Origin of the names of chemical elements. *Journal of Chemical Education*, 66, 731-738. <https://doi.org/10.1021/ed066p731>
- Scerri, E. (2007). *The Periodic Table. Its Story and Its Significance*. OUP.
- Scerri, E. y Ghibaudi, E. (2020). *What is a Chemical Element?* OUP.
- Sevian, H. y Talanquer, V. (2014). Rethinking chemistry: a learning progression on chemical thinking. *Chemistry Education Research and Practice*, 15, 10-23. <https://doi.org/10.1039/c3rp00111c>
- Silva J. R. y Amaral E. M. (2013). Proposta para um Perfil Conceitual de substância. *Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências*, 13(3), 53-72. <https://periodicos.ufmg.br/index.php/rbpec/article/view/4271>
- Stavy, R. (1988). Children's conception of gases. *International Journal of Science Education*, 10(5), 553-560. <https://doi.org/10.1080/0950069880100508>
- Stavy, R. y Stachel, D. (1985). Children's ideas about solid and liquid. *European Journal of Science Education*, 7, 407-421. <https://doi.org/10.1080/0140528850070409>
- Sukopp, T. (2018). Discoveries of Oxygen and the “Chemical Revolution” in the Context of European Scientific Networks. En B. Schweitzer, T. Sukopp (Eds.) *Knowledge Communities in Europe. Exchange, Integration and Its Limits* (pp. 15-47). Springer.
- Taber, K. S. (2015a). Epistemic relevance and learning chemistry in an academic context. En I. Eilks y A. Hofstein (Eds.). *Relevant Chemistry Education: From Theory to Practice* (pp. 79-100). Sense.
- Taber, K.S. (2015b). The role of «practical» work in teaching and learning chemistry. *School Science Review*, 96(357), 75-83.
- Taber, K. S.(2024). Understanding the octet framework. *Chemistry Education Research and Practice*, aceptado. <https://doi.org/10.1039/D3RP00232B>
- Talanquer, V. (2023). ¿Qué hemos aprendido sobre el razonamiento de los estudiantes de química? *Educación Química*, 34(4), 3-15. <https://doi.org/10.22201/fq.18708404e.2023.4.86364>
- Tang, K. S. (2021). *Discourse strategies for science teaching & learning: Research and practice*. Routledge.
- Tricot, A., Sweller, J. (2014). Domain-Specific Knowledge and Why Teaching Generic Skills Does Not Work. *Educational Psychology Review*, 26, 265-283. <https://doi.org/10.1007/s10648-013-9243-1>
- Tsaparlis, G. y Sevian, H. (2013). *Concepts of matter in science education*. Springer.
- Viana, H.E.B. y Porto, P.A. (2010). The Development of Dalton's Atomic Theory as a Case Study in the History of Science: Reflections for Educators in Chemistry. *Science & Education*, 19, 75-90. <https://doi.org/10.1007/s11191-008-9182-2>
- Watson, R., Prieto, T. y Dillon, J. (1997). Consistency in students' explanations about combustion. *Science Education*, 81, 425-444. [https://doi.org/10.1002/\(SICI\)1098-237X](https://doi.org/10.1002/(SICI)1098-237X)

- Wheelahan, L. (2010). *Why Knowledge Matters in Curriculum. A Social Realist Argument*. Routledge.
- Wellington, J. y Osborne, J. (2001). *Language and literacy in science education*. OUP.
- Xu, L. y Clark, D. (2012). Student difficulties in learning density: a distributed cognition perspective. *Research in Science Education*, 42, 769-789. <https://doi.org/10.1007/s11165-011-9232-7>
- Zhang, L. (2016). Is inquiry-based science teaching worth the effort? Some thoughts worth considering. *Science & Education*, 25(7), 897-915. <https://doi.org/10.1007/s11191-016-9856-0>
- Zhang, L., Kirschner, P.A., Cobern, W.W. y Sweller, J. (2022). There is an Evidence Crisis in Science Educational Policy. *Educational Psychology Review*, 34, 1157-1176. <https://doi.org/10.1007/s10648-021-09646-1>
- Ziman, J. (1980). *Teaching and learning about science and society*. CUP.