

3

ESO

# FÍSICA Y QUÍMICA

J.M. VÍLCHEZ GONZÁLEZ, A.Mª MORALES CAS,  
G. VILLALOBOS GALDEANO

## PROPUESTA DIDÁCTICA



**3**

**ESO**

**FÍSICA  
Y QUÍMICA**

**PROPUESTA DIDÁCTICA**



*y construye tu aprendizaje.*

---

**UN PROYECTO SUSTENTADO EN EL APRENDIZAJE  
COMPETENCIAL Y EN EL DESARROLLO  
DE COMPROMISOS DEL ALUMNADO  
CON LA REALIDAD DE SU TIEMPO**

---

**Suma Piezas** propone un nuevo enfoque competencial, con el máximo rigor curricular y una secuenciación de contenidos coherente y coordinada entre todas las áreas a lo largo de la etapa. Favorece la competencia en comunicación lingüística, primordial para acceder al conocimiento que permite comprender el mundo que nos rodea y desarrollar habilidades de convivencia.

De manera flexible, **Suma Piezas** brinda la posibilidad de incorporar metodologías activas, utilizar estrategias cooperativas y de pensamiento, fomentar las habilidades personales y sociales para la gestión de las emociones y el desarrollo del emprendimiento y atender la orientación académica y profesional, apostando por la igualdad y la inclusión. Y todo ello, dentro del marco de los Objetivos de Desarrollo Sostenible, que han de ser nuestro horizonte en los próximos años.



# LAS CLAVES DEL PROYECTO

**COMPROMISO ODS** Los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) establecen el marco a partir del cual articular aprendizajes competenciales que refuercen en el alumnado su preparación hacia una ciudadanía comprometida.

**PLAN LINGÜÍSTICO** Contribuye al desarrollo de habilidades orales y escritas y al aprendizaje de los diferentes aspectos relacionados con el uso del lenguaje.

**DESARROLLO DEL PENSAMIENTO** Las estrategias de pensamiento fomentan la competencia de aprender a aprender; contribuyen a que el alumnado tome conciencia de sus procesos mentales y a que actúe de forma reflexiva y crítica.

**APRENDIZAJE COOPERATIVO** La aplicación de técnicas cooperativas favorece el aprendizaje e incrementa la participación y el sentido de responsabilidad del alumnado para generar capacidades de comunicación y cooperación.

**EDUCACIÓN EMOCIONAL** Proporciona al alumnado pautas para la gestión emocional de sus situaciones de aprendizaje diarias, ayudándoles a que, a nivel intrapersonal, identifiquen y reconozcan las emociones, las regulen y las gestionen; y a nivel interpersonal, adquieran habilidades de relación con las personas.

**CULTURA EMPRENDEDORA** Promueve las distintas habilidades de emprendimiento en sus tres dimensiones, personal, social y productiva, de manera transversal en todas las áreas a través de una secuencia progresiva de actividades a lo largo de toda la etapa.

**TIC** Integra el uso de las TIC como recurso para obtener información, seleccionarla y utilizarla con una finalidad concreta, desarrollar la ciudadanía digital y las competencias de planificación, gestión y elaboración de trabajos, pasando a tener un uso para el aprendizaje y el conocimiento (TAC).

**ORIENTACIÓN ACADÉMICA Y PROFESIONAL** Facilita el desarrollo de habilidades que le ayudarán a conocerse a sí mismo, a entender el entorno y a tomar decisiones académicas y profesionales que le permitan entrar en el mercado laboral y prosperar en él.

**EVALUACIÓN** Incorpora estrategias que permiten al alumnado participar en la evaluación de su aprendizaje analizando «qué ha aprendido» y «cómo ha aprendido», acompañando su análisis con el uso del portfolio y de otros instrumentos que faciliten una valoración objetiva.

# 1 REACCIONES QUÍMICAS

CC: competencias clave, CCL: comunicación lingüística, CMCT: competencia matemática y competencias básicas en ciencia y tecnología, CD: competencia digital, CAA: aprender a aprender, CSYC: competencias sociales y cívicas, SIEP: sentido de iniciativa y espíritu emprendedor y CEC: conciencia y expresiones culturales.

## ■ Presentación de la unidad

En esta unidad se estudian los contenidos del bloque de cambios químicos. La unidad se ha estructurado partiendo de las evidencias macroscópicas de los cambios químicos y sus características y propiedades, inicialmente desde el punto de vista fenomenológico para pasar después a la descripción atómica de las reacciones químicas. Se utilizan modelos gráficos para explicar la información que contiene una ecuación química y se relaciona con las leyes ponderales. En el epígrafe 5 se pasa de la escala atómica a la macroscópica, introduciendo así la cantidad de sustancia. Por último, se abordan aspectos relacionados con el medioambiente, como la lluvia ácida, el efecto invernadero anómalo, el agujero en la capa de ozono y el ozono troposférico.

## ■ Recursos y materiales

Para el tratamiento de la unidad, además del libro del alumnado y la propuesta didáctica, le serán de utilidad los recursos digitales disponibles en la web de Anaya, simulaciones de reacciones químicas, material de laboratorio y medios informáticos de consulta.

## ■ Sugerencias generales

### Ideas previas y dificultades de aprendizaje

La constatación de un cambio químico, la forma de identificarlo y la descripción de sus características son contenidos abordados en etapas previas de la formación de los estudiantes. Por ello, es esperable que sepan identificarlos con facilidad. Sin embargo, se trata en esta unidad de ir un paso más allá, pues en ella estudiamos los cambios químicos de forma genérica, y no únicamente en contextos determinados, como pueden ser los procesos metabólicos o de degradación de materiales, cuya descripción cualitativa ya conocen.

Para conseguir el objetivo anterior recomendamos que se ponga el énfasis en que los contenidos de este curso podrán aplicarse a los fenómenos ya conocidos, para llevar a cabo descripciones cuantitativas de ellos en cursos superiores. Además, en esta unidad se aborda un contenido procedimental clave en el aprendizaje de la química que es el ajuste de ecuaciones químicas. Por ello, es recomendable programar tiempo suficiente para la adquisición de este contenido a través de las actividades que se proponen en formatos variados.

### Tareas relacionadas

Durante el desarrollo de esta unidad, se aborda el problema del cambio climático derivado del efecto invernadero anómalo. En el taller de ciencias se propone un proyecto de investigación sobre un tipo de acciones que se valoran como contribuyentes a la disminución de este efecto: los sumideros de dióxido de carbono. Puede resultar conveniente relacionar este trabajo de investigación con los contenidos que se abordan en otras áreas, desde un enfoque de la estrategia económica mundial, encaminados al mismo fin.

### Educación en valores

Debido a que esta unidad sienta las bases para el posterior estudio de la química, se debe abordar teniéndolo presente, y enfatizar en la necesidad de construir aprendizaje nuevo sobre el ya adquirido, fomentando de este modo la competencia en aprender a aprender.

Recomendamos promover el trabajo colaborativo, pues este influye directamente en el desarrollo de las competencias sociales y cívicas.

## CONTENIDOS Y COMPETENCIAS

| Contenidos de la unidad                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      | Competencias clave                              |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------|
| <b>Página inicial</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>Compromiso ODS</li> <li>Estudio de las transformaciones</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                              | CCL<br>CMCT                                     |
| <b>Cambios en la composición de las sustancias</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>Cambios químicos</li> <li>Diversidad de reacciones químicas</li> <li>Evidencias de las reacciones químicas</li> </ul>                                                                                                                                              | CCL<br>CMCT<br>CD<br>CAA<br>CSYC                |
| <b>Teoría atómica de las reacciones químicas</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>Teoría de las colisiones</li> <li>Factores que afectan a la velocidad de reacción</li> </ul>                                                                                                                                                                         | CCL<br>CMCT<br>CD<br>CAA<br>SIEP                |
| <b>Ecuaciones químicas</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   | CCL<br>CMCT<br>CD<br>SIEP                       |
| <b>Leyes ponderales y ecuaciones químicas</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>Ley de la conservación de la masa</li> <li>Ley de las proporciones definidas</li> </ul>                                                                                                                                                                                 | CCL<br>CMCT<br>CD<br>CAA                        |
| <b>Cantidad de sustancia</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>Cantidad de sustancia</li> <li>Masa molar</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                                     | CCL<br>CMCT<br>CD<br>CAA                        |
| <b>Química, medioambiente y sociedad</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>Problemas ambientales</li> <li>Industria química</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                  | CCL<br>CMCT<br>CD<br>CAA<br>CSYC<br>SIEP<br>CEC |
| <b>Taller de ciencias</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>Sumideros de CO<sub>2</sub></li> <li>Reacciones químicas con sustancias gaseosas</li> </ul>                                                                                                                                                                                                 | CCL<br>CMCT<br>CAA<br>CSYC<br>SIEP              |
| <b>Trabaja con lo aprendido</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>Organizo mi mente</li> <li>Cambios en la composición</li> <li>Teoría atómica de las reacciones químicas</li> <li>Representación de las reacciones químicas</li> <li>Leyes ponderales y ecuaciones químicas</li> <li>Cantidad de sustancia</li> <li>Química y medioambiente</li> </ul> | CCL<br>CMCT<br>CAA<br>CSYC<br>SIEP              |

## PIEZAS CLAVE

### ODS Compromiso ODS

- Metas: 3.4, 3.9, 6.1, 7.2, 13.1, 13.3 y 13.a

### Plan Lingüístico

- Destreza: hablar (texto expositivo)
- Destreza: escribir (texto argumentativo)

### Desarrollo del pensamiento

Técnicas:

- Veo, pienso, me pregunto
- Análisis asociativo
- CyR
- La imagen
- ¿Qué te hace decir eso?

Organizo mi mente:

- Diagrama de Venn
- Esquema
- Mapa conceptual sistémico

### Aprendizaje cooperativo

- Piensa y comparte en pareja
- Rompecabezas
- Preparo la tarea
- 1-2-4

### Cultura emprendedora

- Asunción de riesgos (dimensión productiva)

### Orientación académica y profesional

- Buscar y analizar información

### TIC

- Vídeos: «Evidencia de una reacción química: aparición de un gas», «Evidencia de una reacción química: aparición de un precipitado», «Evidencia de una reacción química: cambio de color», «Formación del amoníaco», «Oxidación de una manzana», «Combustión del propano» y «El dióxido de carbono».
- Laboratorios virtuales: «Reactivos, productos y excedentes» y «Balanceo de ecuaciones químicas».
- Presentaciones: «Qué debes saber», «La cantidad de sustancia: el mol» y «Para estudiar».
- Actividades lúdicas: «Aprende jugando».
- Y además: Actividades interactivas, vídeos y presentaciones para repasar y ampliar los contenidos.

### Evaluación

- Trabaja con lo aprendido
- Elaboración del portfolio

### ODS Compromiso ODS

Le recomendamos que sugiera al alumnado visualizar los vídeos explicativos de las metas 13.a, 13.3, 3.4 y 3.9, disponibles en [anayaeducacion.es](http://anayaeducacion.es), antes de responder a las cuestiones propuestas.

### TIC

El apartado «Qué debes saber» recoge los conceptos que nuestro alumnado debería conocer antes de iniciar la unidad.



## Página inicial

### Estudio de las transformaciones

Los estándares de aprendizaje que corresponden a este bloque temático, dedicado a los cambios, son variados. La evaluación de la consecución de algunos se puede abordar desde actividades escritas, como son los que se refieren a la utilización de modelos para interpretar las reacciones químicas (teoría de colisiones) o los relativos a la comprobación de la ley de conservación de la masa. Otros estándares tienen un carácter empírico y experimental, como es el reconocimiento de reacciones químicas en experimentos sencillos. Debido a esta variedad, recomendamos que las sesiones relativas a esta unidad combinen actividades experimentales con explicaciones y tareas escritas.

### Compromiso ODS

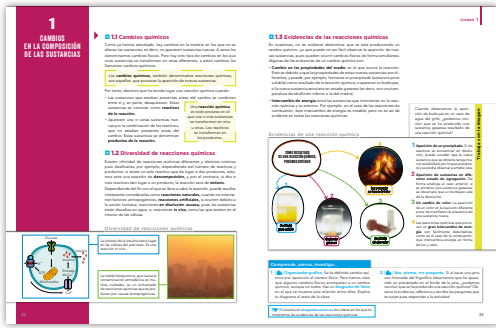
Se recomienda responder en grupo a las preguntas de este apartado, en agrupamientos de más de tres estudiantes para que los tiempos de discusión no sean grandes, permitiendo así una adecuada puesta en común de conclusiones con toda la clase.

- 1 La primera pregunta de esta actividad requiere de una búsqueda previa de información, por lo que recomendamos que se indique como tarea de casa, para que al empezar el trabajo en grupo cada uno de los componentes de este parte de su propio trabajo de investigación documental. La aportación del grupo se basará en el intercambio de opiniones y puntos de vista sobre la pregunta inicial de este primer párrafo.
- 2 El segundo párrafo aborda la necesidad de colaboración entre instituciones, países y otras organizaciones supranacionales. Se sugiere que los alumnos hagan una extrapolación de estas estrategias a su entorno cotidiano para poner de manifiesto la importancia de valores tales como la colaboración y el respeto.
- 3 Como conclusión a la reflexión sobre la peligrosidad de la industria química se sugiere exponer al alumnado el objetivo de profesiones relacionadas con evaluaciones de impacto sobre el medioambiente y la salud, y lo relativo a medidas de seguridad y preventivas.

### Los recursos en la web de esta unidad

En este apartado se muestran los contenidos que se van a abordar en la unidad en forma de esquema, así como la relación de recursos digitales disponibles en la web del alumnado y que se recomiendan consultar en cada paso de la unidad.

De esta forma, se puede utilizar el esquema para ofrecer a los estudiantes la estructura general de los contenidos, con el fin de que les resulte más fácil integrarlos en el marco de sus conocimientos.



### Desarrollo del pensamiento

El alumnado dispone en [anayaeducacion.es](http://anayaeducacion.es) del recurso «Organizador gráfico: Diagrama de Venn», que le ayudará a conocer las características de esta herramienta y aplicarla de manera eficaz para responder a la actividad 1.

También puede consultar el documento «Veo, pienso, me pregunto» para conocer las bases para aplicar esta técnica de pensamiento en la resolución de la actividad 2.

### TIC

Le sugerimos recomendar a su alumnado la visualización de los vídeos que muestran tres evidencias de cambio químico: la formación de una sustancia gaseosa, la formación de un precipitado y el cambio de color. La proyección de estos vídeos en el aula y su posterior discusión en el grupo le permitirá asegurarse de que los estudiantes han asimilado correctamente estos contenidos.

## Cambios en la composición de las sustancias

### Sugerencias metodológicas

Comenzamos esta unidad destacando las diferencias entre cambios físicos y químicos. Aunque estos contenidos ya son conocidos, es ahora cuando se pide un estudio sistemático de ellos.

- La noción de cambio químico en relación con las hipótesis de la teoría atómica y la definición de sustancia elemental como aquella que no puede descomponerse en otras diferentes, mientras que una sustancia compleja sí, pueden servir al docente como introducción a los contenidos de este epígrafe. Sugerimos destacar que en esta unidad no solo vamos a abordar los procesos de descomposición y síntesis, sino que vamos a abordar cualquier tipo de reacción química.
- Para acercar los contenidos al alumnado, podemos recurrir a la cocina, donde tenemos procesos físicos, como la disolución de sales o la ebullición de agua, y procesos químicos, como las reacciones de pardeamiento químico en los guisos, el tueste del pan, etc. Podemos resaltar que, aunque no siempre es fácil distinguir un cambio físico de uno químico, un análisis de las sustancias que están presentes antes y después del cambio nos dará siempre la respuesta.

### Soluciones

#### Trabaja con la imagen

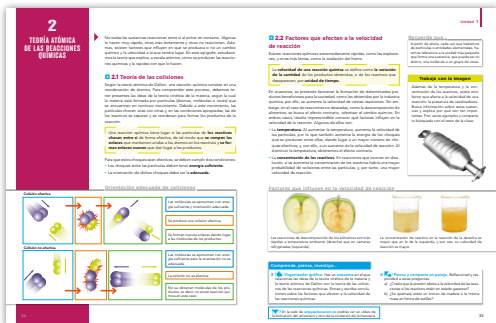
Se trata de que se relacione el fenómeno descrito con la variación de la solubilidad de los gases con la temperatura, de modo que el alumnado tenga presente que no toda la aparición de un burbujeo corresponde a un cambio de estado o a una reacción química, para complementar así la información gráfica.

#### Comprende, piensa, investiga...

- 1 En esta actividad proponemos el uso de un organizador gráfico sencillo y útil para llevar a cabo comparaciones. Una solución gráfica a esta actividad podría ser la siguiente:



- 2 Utilizamos la estrategia de desarrollo del pensamiento «Veo, pienso, me pregunto», en la que el alumnado escribirá en forma de tabla lo que ve (descrito en el enunciado), lo que piensa (posibles respuestas al fenómeno de la aparición del precipitado) y lo que se pregunta, es decir, si la aparición del precipitado es una evidencia de que se está produciendo un cambio químico.



### Desarrollo del pensamiento

En [anayaeducacion.es](http://anayaeducacion.es) encontrará el recurso «Organizador gráfico: Esquema», con el que el alumnado repasará las bases para aplicar esta estrategia de pensamiento.

### Aprendizaje cooperativo

Sugerimos recomendar al alumnado el recurso «Piensa y comparte en pareja», disponible en [anayaeducacion.es](http://anayaeducacion.es), para conocer las bases para aplicar esta técnica de aprendizaje cooperativo y utilizarla en la resolución de la actividad 4.

### TIC

Dispone de los vídeos «Formación del amoníaco» y «Oxidación de una manzana» con los que el alumnado se familiarizará con los procesos de ruptura y formación de enlaces y los factores que los afectan.

## Teoría atómica de las reacciones químicas

### Sugerencias metodológicas

Una de las dificultades que se pueden dar en el estudio de la teoría de colisiones deriva del hecho de que los estudiantes no se hayan planteado hasta ahora en qué condiciones se da la ruptura y la formación de enlaces en una reacción química. Destacar que solo en determinadas condiciones y entre ciertos reactivos tiene lugar una reacción química puede servir como introducción al tema. Además, puede surgir como idea errónea una visión aditiva de las reacciones químicas, es decir, que se considere que las moléculas de los reactivos se unen para dar lugar a otras mayores.

- Para comprender la teoría de colisiones de las reacciones químicas, es necesario introducir el carácter estocástico y dinámico de las reacciones químicas, en su escala microscópica de descripción. Es conveniente introducir, aunque sea de forma sutil, este comportamiento no determinista, en el que no todos los choques dan como resultado la formación de las moléculas de productos, y no todas las moléculas de reactivos poseen el mismo valor de energía, sino que están distribuidas en torno a un valor medio.
- Una vez hecho el análisis de las reacciones químicas a partir de la teoría de las colisiones, con las consideraciones destacadas, deducir los factores que afectan a la velocidad de reacción es sencillo.

### Soluciones

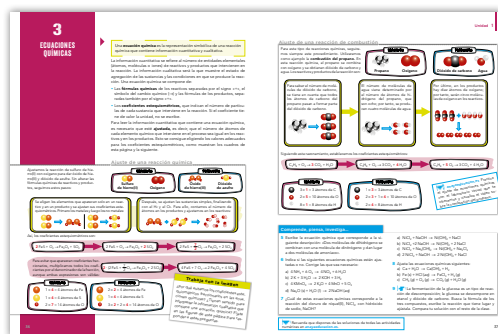
#### Trabaja con la imagen

Los catalizadores son sustancias cuya presencia aumenta la velocidad de reacción haciendo que algunas reacciones extremadamente lentas, o que requieren de valores muy elevados de temperatura, tengan lugar en condiciones más favorables. Los catalizadores, en algunos casos, también hacen que entre varias reacciones posibles, tenga lugar una de ellas preferentemente. Algunos catalizadores de importancia biológica son las enzimas.

En la imagen se muestra un catalizador de tubo de escape de vehículos de motor de combustión interna.

### Comprende, piensa, investiga...

- En esta actividad proponemos el uso de un organizador gráfico. El tipo de esquema se deja a elección del alumnado y debe relacionar los conceptos siguientes: la materia está formada por átomos; diferentes elementos químicos tienen átomos diferentes; los compuestos químicos están formados por átomos de diferentes elementos; las partículas que componen la materia están en continuo movimiento, chocando entre sí; una reacción química se produce cuando los choques entre moléculas de reactivos tienen la energía y la orientación adecuada para que los átomos se enlacen de forma diferente, dando lugar a nuevas sustancias.
- Se trata de fomentar el trabajo de intercambio de ideas a partir de la actividad «Piensa y comparte en pareja». Es esperable que entre las respuestas se indique que la presión sí tiene un efecto que favorece el número de choques entre moléculas de reactivos gaseosos y que la mayor superficie de contacto entre el oxígeno y la madera, si esta se encuentra en forma de astillas, haga que aumente la velocidad de reacción.



## Ecuaciones químicas

### Sugerencias metodológicas

Continuando con el estudio de las reacciones químicas, mostramos aquí su representación simbólica: las ecuaciones químicas.

- Comenzamos con una descripción de los términos y la simbología de las ecuaciones, para continuar con la interpretación cuantitativa de una ecuación química a nivel atómico. La siguiente página de este epígrafe se dedica, en su totalidad, al ajuste de reacciones químicas.
- Las dificultades esperables en esta parte de la unidad pueden estar relacionadas tanto con la comprensión de los contenidos como con la realización de los procedimientos implicados. Por ello, sugerimos comenzar destacando que el proceso dinámico que ocurre durante una reacción química se representa de una forma secuencial en la ecuación química, separando la situación inicial de la final mediante una flecha.
- Es destacable que algunos estudiantes relacionan de forma equivocada las ecuaciones químicas con ecuaciones algebraicas, asumiendo que los estados inicial y final del proceso químico corresponden a los dos miembros de una ecuación algebraica.
- Por ello, hemos separado las etapas que hay que seguir para escribir una ecuación química (obviando su ajuste). Podemos utilizar el esquema incluido para escribir otras ecuaciones químicas, como la reacción del aluminio sólido con una disolución acuosa de ácido clorhídrico para formar el cloruro de aluminio sólido con desprendimiento de hidrógeno gaseoso.

Además, pueden surgir otras dificultades de las que destacamos dos. Por una parte, la creencia de que se deben cumplir falsas leyes de conservación del número de moléculas, o entidades elementales, de reactivos y productos. Esta dificultad está relacionada de forma directa con una correspondencia errónea entre ecuación química y ecuación algebraica.

Por otra parte, algunos estudiantes pueden no distinguir entre coeficientes estequiométricos y subíndices, lo que manifiesta que se establecen conexiones erróneas entre el lenguaje simbólico de la química y el significado atómico, tanto de la fórmula de un compuesto como de la propia reacción química. Para superar esta dificultad se recomienda la actividad 7.

El ajuste de las reacciones químicas se puede abordar planteando un sistema de ecuaciones lineales sencillo, pero no se ha elegido esta opción, sino un ajuste por tanteo, por las razones siguientes:

- Entrenamos el cálculo mental.
- Favorecemos que nuestros estudiantes interioricen las fórmulas de los compuestos químicos de uso más habitual.
- Mantenemos presente la ecuación química en todo momento, de modo que no se pierda la perspectiva de lo que se está haciendo.
- Favorecemos la relación entre la información a escala atómica y macroscópica.

Para asegurar el éxito en la adquisición de un procedimiento, es recomendable comenzar por el caso más sencillo posible. En el ajuste de ecuaciones químicas, la mayor o menor complejidad reside en el número de elementos químicos diferentes implicados. Podemos continuar con la combustión de un hidrocarburo sencillo y sistematizar su ajuste, como hemos propuesto. Por último, podemos mostrar ejemplos en los que intervengan agrupaciones de átomos, como son los iones sulfato o carbonato, de modo que el alumnado aprenda a identificar estos grupos de átomos en la formulación de sales, facilitándole así el ajuste de reacciones de sustitución.

## Soluciones

### Trabaja con la imagen

El objetivo de esta actividad es que los alumnos y las alumnas reflexionen sobre el significado de un coeficiente fraccionario en la interpretación atómica de una ecuación química, pues no es posible tener parte de una unidad fundamental, sino la unidad entera, aunque en el ajuste de ecuaciones químicas se permita, pues posteriormente se verá que se aplica a la escala macroscópica, en la que sí tiene un sentido cuantitativo.



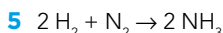
TIC

Recomiende a sus alumnos y alumnas el trabajo con el laboratorio virtual «Reactivos, productos y excedentes», disponible en el banco de recursos, para ayudarles a entender de manera simbólica en qué consiste el ajuste de una ecuación química.

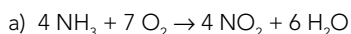
También pueden visualizar el vídeo «Combustión del propano», que sirve de ilustración para el ejemplo utilizado en esta página.

Le sugerimos que recuerde a su alumnado que puede comprobar el resultado de las actividades numéricas consultando las soluciones que se ofrecen en [anayaeducacion.es](http://anayaeducacion.es).

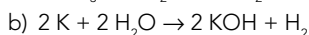
## Comprende, piensa, investiga...



6 Las ecuaciones del enunciado son:



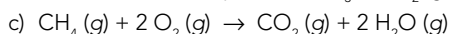
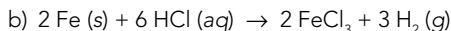
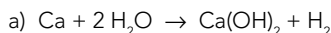
c) La ecuación está ajustada.



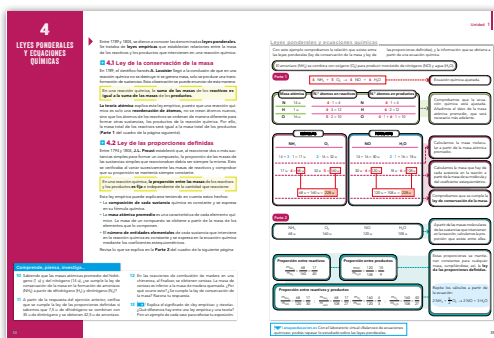
d) La ecuación está ajustada.

7 Se trata de la ecuación b.

8 Las ecuaciones químicas ajustadas son:



9 En esta actividad se trabaja la dimensión productiva, activo asunción de riesgos, de la clave «Cultura emprendedora». La fórmula química de la glucosa es  $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$  y la del etanol es  $\text{C}_2\text{H}_6\text{O}$ . La fermentación de la glucosa se puede escribir como:  $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6 \rightarrow 2\text{C}_2\text{H}_6\text{O} + 2\text{CO}_2$ .



## Leyes ponderales y ecuaciones químicas

### Sugerencias metodológicas

Presentamos aquí las leyes de conservación de la masa y de las proporciones sencillas, que ya fueron mencionadas en la exposición sobre los modelos atómicos para introducir la teoría atómica de Dalton.

La conexión entre la descripción de una reacción a escala atómica y macroscópica pasa necesariamente por la constatación de que los átomos de cada elemento tienen masa diferente y, por tanto, las entidades elementales de las distintas sustancias también. Esto obliga a introducir el concepto de cantidad de sustancia como magnitud, y de igual modo su unidad: el mol. No obstante, como paso previo y manteniendo la escala atómica se puede abordar el estudio de estas leyes en unidades de masa atómica. Este paso previo permite que el alumnado asiente las ideas acerca de las proporciones en cantidad de entidades elementales (tal y como ha interpretado hasta el momento las ecuaciones químicas) y las proporciones entre las masas de las sustancias que intervienen, antes de introducir la cantidad de sustancia y su unidad: el mol.

Por otra parte, consideramos que en el aprendizaje de las ciencias no solo es importante aprender ciencia, sino también aprender a hacer ciencia y sobre la ciencia. Por ello, no nos limitamos a exponer cómo se realizan estudios cuantitativos sobre las reacciones químicas en la actualidad, sino que mostramos cómo se realizaban en los albores de esta disciplina, aplicando las leyes básicas de la química.

Este enfoque se ha tenido presente a lo largo de la exposición de los distintos modelos atómicos, como ya se ha comentado, y se ha partido de las leyes fundamentales de la química como evidencia experimental que llevó al desarrollo de la teoría atómica. Conocidos estos hechos por nuestros estudiantes, consideramos conveniente retomar estas evidencias en la unidad dedicada a las reacciones químicas, para así repetir el esquema seguido hasta ahora: evidencia experimental y modelo, destacándose, de este modo, la aplicación de la teoría atómica, y el conocimiento sobre el átomo, en el estudio cuantitativo de las reacciones químicas.

## Soluciones

### Comprende, piensa, investiga...

10 La ecuación química ajustada es:  $3\text{H}_2 + \text{N}_2 \rightarrow 2\text{NH}_3$

Calculamos las masas molares de todas las sustancias a partir de los datos de masas atómicas:

| $\text{H}_2$ | $\text{N}_2$ | $\text{NH}_3$ |
|--------------|--------------|---------------|
| 2 u          | 28 u         | 17 u          |

Calculamos la masa de cada sustancia que interviene en esta reacción según la información de la ecuación química ajustada:

| $\text{H}_2$                      | $\text{N}_2$                        | $\text{NH}_3$                       |
|-----------------------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|
| $3 \cdot 2\text{ u} = 6\text{ u}$ | $1 \cdot 28\text{ u} = 28\text{ u}$ | $2 \cdot 17\text{ u} = 34\text{ u}$ |

La suma de las masas de los reactivos es  $6\text{ u} + 28\text{ u} = 34\text{ u}$ , que coincide con la suma de las masas de los productos. Se cumple la ley de conservación de masa.

11 A partir de las masas de la actividad anterior, establecemos la relación entre estas y las masas de las sustancias de los datos de la presente actividad:

|              | $\text{H}_2$ | $\text{N}_2$ | $\text{NH}_3$ |
|--------------|--------------|--------------|---------------|
| Actividad 10 | 6 u          | 28 u         | 34 u          |
| Actividad 11 | 7,5 u        | 35 u         | 42,5 u        |

### Plan Lingüístico

En relación con la actividad 13, conviene recordar al alumnado que en [anayaeducacion.es](http://anayaeducacion.es) dispone del apartado Plan Lingüístico, en el que encontrará la información necesaria sobre cómo escribir un texto expositivo.

### TIC

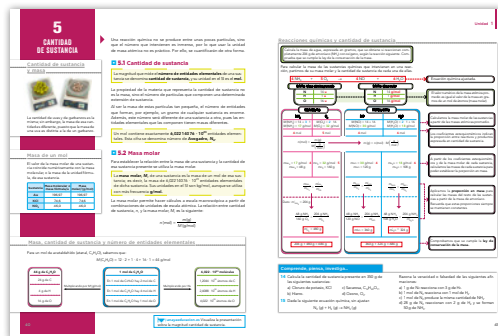
En [anayaeducacion.es](http://anayaeducacion.es) dispone del laboratorio virtual «Balanceo de ecuaciones químicas», que puede servir a su alumnado para aplicar las leyes ponderales a las ecuaciones químicas.

Se observan las siguientes relaciones que confirman la ley de las proporciones definidas:

$$\frac{m_{N_2}}{m_{H_2}} = \frac{28u}{6u} = \frac{35u}{7,5u}$$

$$\frac{m_{NH_3}}{m_{H_2}} = \frac{34u}{6u} = \frac{42,5u}{7,5u}$$

- 12** La masa que falta en las cenizas corresponde a los gases de combustión formados (dióxido de carbono y agua). Se cumple la ley de conservación de masa.
- 13** La ley empírica da cuenta de una regularidad observada a través de la experiencia. En contraposición, una teoría es la explicación razonada, dentro de un paradigma científico, a esa regularidad observada en la ley empírica. Las leyes ponderales son leyes empíricas y la teoría atómica de Dalton les da explicación.



## Cantidad de sustancia

### Sugerencias metodológicas

Introducimos aquí por primera vez el concepto de mol como unidad de cantidad de sustancia, magnitud que relaciona la interpretación de una reacción química a escalas atómica y macroscópica. Para poner esta relación de relieve, sugerimos comenzar con la interpretación atómica de la reacción química del ejemplo de la página impar, invitando al grupo a verbalizar dicha descripción. A continuación, podemos preguntar al grupo cuántas moléculas de oxígeno serían necesarias para que reaccionaran, en vez de cuatro moléculas de amoníaco, como nos da la interpretación atómica, cuatro moles de amoníaco. Con esta actividad, en primer lugar, hacemos la transición de la escala atómica a la escala macroscópica, y, en segundo lugar, se nos brinda la oportunidad de destacar que no ha de cumplirse una falsa ley de conservación de cantidad de materia, pues con el ejemplo tenemos nueve moles en los reactivos y ocho en los productos.

Además, otro objetivo de este epígrafe es dominar el concepto de cantidad de sustancia, el valor del número de unidades que engloba un mol (la constante de Avogadro) y tener en cuenta que el mismo número de moles de diferentes sustancias corresponde a distintos valores de masa; es decir, se ha de saber calcular masas molares.

El mol presenta dificultades intrínsecas para su comprensión. Por una parte, es la unidad de una magnitud (cantidad de sustancia) que los estudiantes tienden a confundir con la masa, dada su tendencia a cuantificar la cantidad de materia utilizando la masa. Además, la magnitud del número de Avogadro hace que sea necesario utilizar la notación científica lo que, unido a su propio valor, supone una dificultad adicional.

En segundo lugar, introducimos en este epígrafe la masa molar. Una vez comprendido el significado del mol, resulta relativamente sencillo concluir que la misma cantidad de distintas sustancias tendrá diferente masa. Es conveniente revisar el concepto de masa atómica promedio para llegar, a partir de él, a la masa molar de un elemento químico y de una sustancia.

En esta parte de la exposición puede resultar muy útil revisar las medidas del recuadro de la página par y las relaciones que existen entre ellas.

Una vez realizada la actividad introductoria y expuesto el significado de la masa molar y la cantidad de sustancia, sugerimos recorrer el esquema de la página izquierda etapa a etapa, según se indica en el texto.

Consideramos importante incidir en que el estudiante debe elaborar su propia estrategia de solución del problema, para evitar el uso de «recetas» que impiden una adecuada reflexión sobre lo que se está haciendo, y con el objetivo de desarrollar la capacidad de resolución de problemas, pilar fundamental de la competencia científica y la matemática.

Se recomienda realizar las actividades 22 a 28 del final de la unidad una vez concluida la exposición de los contenidos de este epígrafe, además de la realización de las actividades de este.

## Soluciones

### Comprende, piensa, investiga...

- 14** Para responder a la pregunta es necesario calcular las masas molares de las sustancias a partir de las masas atómicas promedio.

Una vez conocidas las masas molares ( $M$ ), calculamos la cantidad de sustancia ( $n$ ) presente en la medida de masa del enunciado,  $m = 350$  g, a partir de la relación entre estas dos magnitudes:

$$n(\text{mol}) = \frac{m(\text{g})}{M\left(\frac{\text{g}}{\text{mol}}\right)}$$

Obtenemos los resultados siguientes:

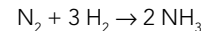
- a)  $n_{\text{KCl}} = 4,7$  mol  
b)  $n_{\text{Fe}} = 6,3$  mol

- c)  $n_{\text{C}_{12}\text{H}_{22}\text{O}_{11}} = 1,0$  mol  
d)  $n_{\text{O}_3} = 7,3$  mol



La presentación «La cantidad de sustancia: el mol» reforzará en el alumnado los conocimientos adquiridos en estas páginas.

15 La ecuación química ajustada es:



- a) La afirmación es falsa, pues establece una proporción entre masas que no corresponde a la estequiometría.
- b) Falso. La proporción entre los reactivos, en cantidad de sustancia, no es 1:1 sino 1:3, como se observa en la ecuación química ajustada.
- c) Falso. Un mol de  $\text{N}_2$  produce el doble de amoníaco.
- d) Falso. Calculando las masas molares de las sustancias y a partir de la relación entre cantidad de cada sustancia obtenemos que 28 g de dinitrógeno reaccionan con 6 g de dihidrógeno y se obtienen 34 g de amoníaco.



## Química, medioambiente y sociedad

### Sugerencias metodológicas

Terminamos esta unidad dedicada a las reacciones químicas haciendo una exposición de algunos aspectos relacionados con el medioambiente y con la industria química.

- Respecto de la lluvia ácida, recomendamos que se presente como un problema ambiental de consecuencias no locales, que ya ha sido superado en gran medida con la eliminación de las emisiones de azufre, resultado de la desulfuración de combustibles.
- El efecto invernadero se aborda desde la descripción del fenómeno natural y desde la perspectiva del problema medioambiental global que representa su vertiente anómala. Para que el alumnado tenga una comprensión del efecto invernadero, es necesario que distinga entre tipos de radiaciones. En el currículo actual, el bloque temático dedicado a las ondas no aparece hasta la etapa de bachillerato; no obstante, el alumnado está familiarizado con distintos tipos de radiación en su día a día (infrarrojo de mandos a distancia, ultravioleta en los cosméticos de protección solar), por lo que la introducción de la radiación infrarroja no debería ser muy problemática. Para contribuir a una mejor comprensión del fenómeno, recomendamos trabajar con la figura de la página par.
- Las consecuencias del efecto invernadero anómalo sobre el clima constituyen un tema de actualidad conocido por el alumnado.
- A continuación, mostramos el problema del agujero en la capa de ozono. Es frecuente observar que se concluye erróneamente acerca de las causas del agujero en la capa de ozono, pues una parte del alumnado tiende a pensar que este problema está causado por gases de efecto invernadero. Diferenciar las causas de estos dos problemas ambientales globales debe ser uno de los objetivos de esta parte de la materia. Para ello, sugerimos mostrar la evolución temporal de ambos problemas y las soluciones que se han ejecutado en uno y otro caso, destacando que el agujero en la capa de ozono es un problema ambiental sobre el que se ha actuado desde el punto de vista de la legislación, con un gran consenso, contrariamente a lo relativo al cambio climático, cuya solución pasa por un cambio en el modelo energético mundial sobre el que, en la actualidad, no hay medidas efectivas consensuadas.
- Terminamos la exposición de problemas ambientales tratando la contaminación por ozono troposférico. Sugerimos destacar el contraste entre el beneficio y el perjuicio que una misma sustancia puede causar en función de su ubicación.
- Por último, se mencionan diversos aspectos en los que está implicada la industria química, algunos de los cuales, como la potabilización de aguas, resulta muy cercano al alumnado.

### Soluciones

#### Comprende, piensa, investiga...

- 16 Una de las causas de la disminución de la capa de ozono son los óxidos de nitrógeno y los compuestos con bromo utilizados como fertilizantes. Las acciones que disminuyan el uso de estas sustancias resultarán beneficiosas para el planeta. Para más información se puede consultar la página del Ministerio para la Transición Ecológica en su parte relativa a las emisiones a la atmósfera.
- 17 El objetivo de esta actividad es destacar que no existe una diferencia entre una y otra molécula, la sustancia es la misma. Se puede ampliar esta reflexión comparando el dióxido de carbono de una chimenea de una central térmica y el que producen los seres vivos con respiración aerobia.
- 18 Con esta actividad se comprueba que el alumnado ha comprendido que la temperatura media del planeta está relacionada con la composición de la atmósfera. Profundizando en la reflexión, y teniendo en cuenta la meta citada en el enunciado, se pretende que el alumnado relacione el aumento de temperatura con la incidencia de fenómenos atmosféricos muy energéticos (huracanes, tormentas y ciclones) y efectos sobre el nivel del mar y extensión de aguas continentales y oceánicas en estado sólido, y cómo estos afectan de forma directa en la vida de muchas personas. Se trata, además, de promover la reflexión sobre las medidas que se pueden llevar a cabo. Sugerimos asimismo relacionar esta actividad con el proyecto de investigación del «Taller de ciencias» de la unidad.



En [anayaeducacion.es](http://anayaeducacion.es) dispone del vídeo «El dióxido de carbono», que puede utilizar para destacar en el alumnado la importancia de este gas, fundamental para la vida.

#### Desarrollo del pensamiento

Recomiende a su alumnado la consulta del recurso «Análisis asociativo», disponible en [anayaeducacion.es](http://anayaeducacion.es), para conocer las bases para aplicar esta técnica de pensamiento en la resolución de la actividad 16.

#### Plan Lingüístico

Le sugerimos que recomiende al alumnado la consulta del apartado Plan Lingüístico, del banco de recursos, antes de responder a la actividad 17, donde encontrará la información necesaria sobre cómo escribir un texto argumentativo.

#### Compromiso ODS

En [anayaeducacion.es](http://anayaeducacion.es) dispone de los vídeos correspondientes a las metas 13.1 y 6.1, cuya consulta ayudará a los estudiantes a responder a las cuestiones planteadas en las actividades 18 y 19.

#### Orientación académica y profesional

Se propone la actividad 21 para la búsqueda y el análisis de información relativa a la realidad académica asociada a los contenidos tratados en estas páginas.

19 La desinfección de aguas se realiza a través de óxidos de cloro. Las sustancias precursoras de estos compuestos pueden ser: cloruro de hidrógeno, clorito y clorato de sodio. A este respecto se puede consultar el texto consolidado del 1 de agosto de 2018 de la orden del Ministerio de Sanidad, Servicios Sociales e Igualdad SSI/304/2013, de 19 de febrero, sobre sustancias para el tratamiento del agua destinada a la producción de agua de consumo humano. El coste de los precursores de óxido de cloro es bajo y asequible (lejía o pastillas potabilizadoras, entre otros).

20 A este respecto se puede consultar la web de negocios de las Naciones Unidas ([https://business.un.org/en/browse/partnership\\_stories](https://business.un.org/en/browse/partnership_stories)) en la que se muestran hechos empresariales relacionados con los Objetivos de Desarrollo Sostenible.

21 Los ciclos formativos de formación profesional de la rama química enfocados al trabajo en la industria son el ciclo de grado medio Técnico en Planta Química, los de grado superior Técnico en Fabricación de Productos Farmacéuticos, Biotecnológicos y Afines y Técnico Superior en Química Industrial, así como los grados universitarios de Ingeniería Química, Ingeniería Industrial, Ingeniería de Materiales, entre otros.



## Taller de ciencias

### Proyecto de investigación

#### Sumideros de CO<sub>2</sub>

La primera parte de este taller de ciencias consiste en un proyecto de investigación con el que se pretende que el alumnado reflexione acerca de la naturaleza del CO<sub>2</sub>, su origen y su reactividad.

De forma habitual, en los medios de información actuales, se transmite, de forma subliminal, la idea de que el dióxido de carbono es una sustancia nociva en sí misma, pues causa un daño al conjunto del planeta al tratarse de un gas de efecto invernadero. En el epígrafe 6 de la presente unidad se ha mostrado que el efecto del dióxido de carbono no es nocivo en sí mismo, pero sí lo es la acumulación excesiva de este gas en la atmósfera. La primera pregunta de introducción a este proyecto de investigación pretende activar la parte crítica del alumnado, pues tiene como objetivo que se contraste la idea acerca de los efectos del dióxido de carbono con el origen natural de esta sustancia, provocando la reflexión sobre el equilibrio que tiene este gas en la regulación del planeta. Además, en el párrafo introductorio que precede a la pregunta se muestra otro de los grandes y controvertidos retos de los tiempos actuales: la superpoblación.

La segunda y la tercera pregunta introductorias tienen como objetivo centrar el tema de investigación de este proyecto, que versa sobre la reactividad del dióxido de carbono en determinadas condiciones para así plantear medidas complementarias a la disminución de la emisión de dióxido de carbono, en las que el dióxido de carbono es un reactivo que desaparece en las reacciones químicas y biológicas que se estudian como sumideros de este gas.

Sugerimos plantear el proyecto con la técnica «Rompecabezas», para conseguir así una reflexión compartida y complementaria con el resto de los miembros del grupo de trabajo y con componentes de otros grupos. Sugerimos que las conclusiones se recojan en forma de infografía, por lo que sería conveniente coordinar parte del trabajo con el Departamento de Educación Plástica. De forma alternativa se pueden plantear otros formatos para las conclusiones de cada grupo, como pueden ser vídeos (en coordinación con el Departamento de Lengua Castellana y Literatura, que podría hacer una evaluación de la exposición oral) o paneles que recojan información cuantitativa (en coordinación con el Departamento de Matemáticas).

#### Comunicación de conclusiones

La comunicación de conclusiones se puede llevar a cabo como se sugiere en el texto a través de una mesa redonda. En este caso, sugerimos plantear la actividad como un trabajo interdisciplinar, en el que el área de Lengua Castellana evalúe la participación en el debate de los alumnos de la mesa redonda y del público. De forma alternativa, se puede plantear la actividad de forma simplificada en la segunda lengua de estudio del alumnado y coordinarla con el departamento didáctico correspondiente.

### Trabajo práctico

#### Reacciones químicas con sustancias gaseosas

Al igual que en el resto de los trabajos prácticos de este libro, se expone un planteamiento del trabajo de forma posterior a la reflexión del alumnado sobre la forma de llevar a cabo la práctica de laboratorio. En este caso, la reflexión del alumnado se motiva a partir del listado de materiales necesario para llevar a cabo la práctica. Es frecuente que los alumnos y las alumnas del tercer curso de la ESO conozcan la reacción química del ácido acético con bicarbonato de sodio y el desprendimiento de dióxido de carbono, pero es menos habitual que conozcan la reacción de este gas con hidróxido de sodio.

Se trata con esta práctica de observar los efectos sobre la presión de la aparición o desaparición de una sustancia gaseosa, el efecto que tiene la diferencia de presión entre el interior y el exterior de un recipiente de paredes deformables y experimentar con una reacción de transformación de dióxido de carbono para relacionarlo con el proyecto de investigación de la página anterior.

Para ampliar información sobre estas experiencias, se puede consultar el trabajo de Tomás-Serrano, A. y Hurtado-Pérez, J. en *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias* 15 (3), 3401, 2018.

#### ODS Compromiso ODS

En [anayaeducacion.es](https://anayaeducacion.es) dispone del vídeo correspondiente a la meta 13.a.

#### Aprendizaje cooperativo

Se sugiere la aplicación de la técnica «Rompecabezas» para realizar el proyecto de investigación, ya que permite al alumnado la implicación en su aprendizaje y su participación en el de todo el grupo. Mejora su rendimiento y la convivencia en clase.

También pueden aplicarse las técnicas «Prepara la tarea» y «1-2-4» en el desarrollo del trabajo práctico y en la extracción de conclusiones, respectivamente, cuyas explicaciones están disponibles para su consulta en [anayaeducacion.es](https://anayaeducacion.es).

#### Desarrollo del pensamiento

Puede consultar el documento explicativo de la técnica «CyR», cuya aplicación proponemos para responder la actividad 3 de comunicación de conclusiones.

## Soluciones

### Extrae conclusiones...

- 1 a) Se plantea para esta actividad la técnica «1-2-4» de trabajo secuencial individual, por parejas y por grupos. Se observa una reducción de volumen pues disminuye la presión en el interior de la botella al estar consumiéndose una sustancia gaseosa como reactivo. La explicación nos la ofrece la TCM: al disminuir la cantidad de gas, disminuye el número de choques de las moléculas de gas contra las paredes interiores del recipiente y este se deforma reduciendo su volumen, pues la presión en el exterior permanece constante.
- b) Los símbolos hacen referencia al estado de agregación (s, sólido; l, líquido, y g, gas) o a la disolución de la sustancia en agua (aq).
- c) Una manera de observar que parte de los reactivos han quedado sin reaccionar en el caso de la primera reacción es volver a agitar la botella y observar la aparición de gas en el globo, una vez que hemos liberado el formado previamente.

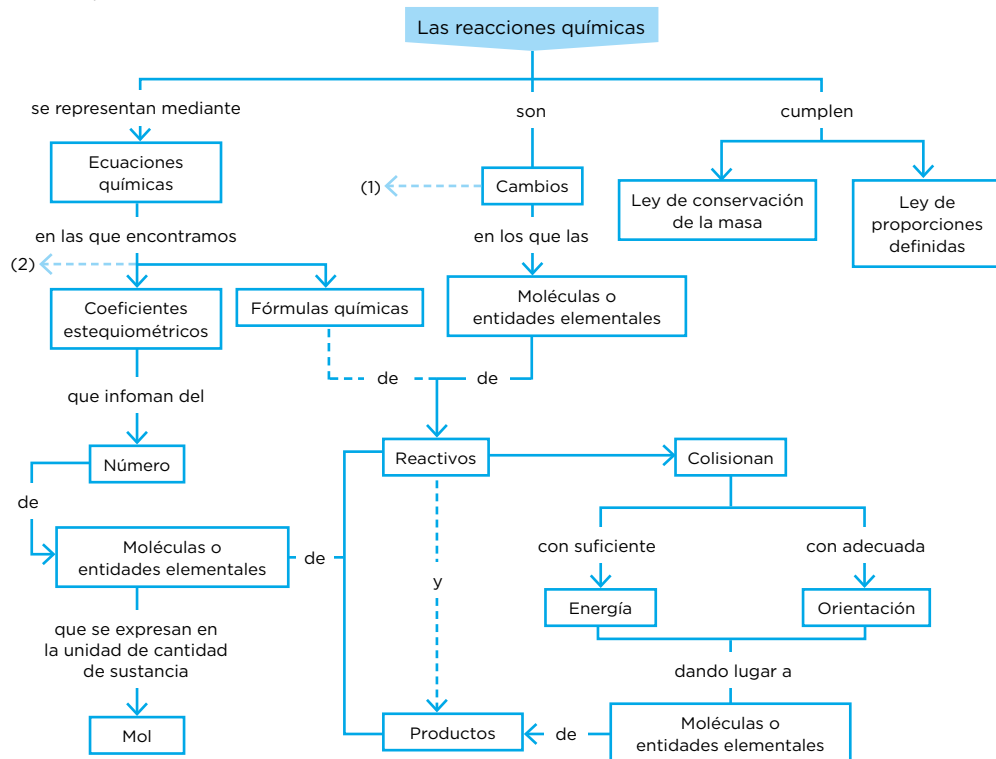
## Trabaja con lo aprendido

Se incluyen aquí las soluciones de las actividades propuestas en las páginas finales: «Trabaja con lo aprendido». Aquellas cuya respuesta requiere de cálculo y representaciones gráficas se ofrecen, desarrolladas, en el **solucionario** incluido en [anayaeducacion.es](http://anayaeducacion.es).

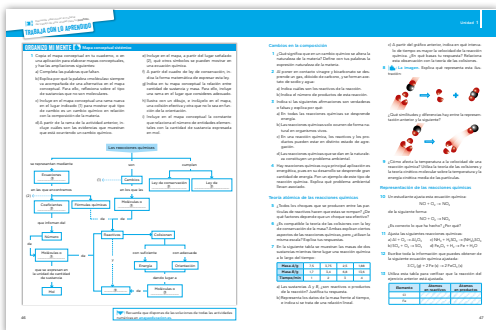
## Organizo mi mente

Sugerimos esta actividad como evidencia para el **portfolio** del alumnado.

- a) En esta actividad, los alumnos y las alumnas organizan la información, completando los huecos en el esquema.



- b) Las sustancias pueden estar formadas también por cristales o átomos. La expresión «entidades elementales» hace referencia a este hecho.
- c) Se amplía el esquema incluyendo: Cambios en los que se altera la composición de la materia.
- d) Se amplía el esquema incluyendo: Cambio de color, aparición de un precipitado, burbujeo, intercambio de energía en forma de luz y calor.
- e) Se amplía el esquema incluyendo: otros símbolos que indican el estado de agregación de las sustancias.
- f)  $\sum m_{\text{reactivos}} = \sum m_{\text{productos}}$   
Si el alumnado desconoce el símbolo de sumatorio se escribirá una reacción genérica ( $A + B \rightarrow C + D$ ) y se expresará la ley en función de las sustancias genéricas.
- g) Se puede vincular el cuadro «mol» con uno nuevo que contenga la palabra «masa» a través del concepto «masa molar».
- h) Incluir dibujos como los utilizados en la unidad a partir del recuadro «orientación».
- i) A partir del recuadro «mol», incluir la constante de Avogadro, utilizando como nexo «que contiene tantas unidades como».



### Evaluación

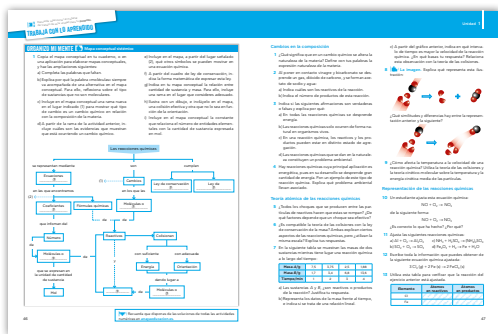
La elaboración de un «Portfolio» es una propuesta autoevaluativa que le permite al alumnado reflexionar sobre los procedimientos que ha llevado a cabo para adquirir esos aprendizajes.

### Desarrollo del pensamiento

El «Mapa conceptual sistémico» permite que el alumnado pueda organizar y comprender las ideas sobre las reacciones químicas de manera significativa, y ver la estructura cognitiva del contenido objeto de aprendizaje.

### TIC

Le sugerimos que recuerde a su alumnado que puede comprobar los resultados de las actividades numéricas consultando las soluciones que se ofrecen en [anayaeducacion.es](http://anayaeducacion.es).



## Desarrollo del pensamiento

En [anayaeducacion.es](http://anayaeducacion.es) dispone de un documento explicativo de la técnica «La imagen», cuya aplicación proponemos para resolver la actividad 8.

## Soluciones de las actividades

### Cambios en la composición

- El cambio en la naturaleza de la materia se refiere al cambio en su composición, es decir, se alteran las sustancias que forman esa porción de materia objeto de estudio.
- a) Los reactivos son vinagre y bicarbonato.  
b) Los productos son acetato de sodio y dióxido de carbono.
- a) Falsa; en algunas reacciones químicas ocurre un intercambio de energía en sentido contrario.  
b) Falsa; también ocurren reacciones químicas en el medio natural inerte, como la precipitación de sales.  
c) Verdadera.  
d) Falsa; muchas reacciones químicas que se dan en el medio natural contribuyen a su equilibrio.
- La combustión de combustibles fósiles, como el metano (gas natural) o el butano. En ellas se desprende dióxido de carbono, que contribuye al efecto invernadero anómalo y, con ello, al calentamiento global y al cambio climático.

### Teoría atómica de las reacciones químicas

- No todos los choques son efectivos, depende de la orientación y de la energía del choque.
- Ambas teorías son compatibles, pues abordan distintos aspectos de la reacción química y no son contradictorias. La teoría de las colisiones explica las reacciones químicas desde un punto de vista microscópico, en el que no todos los choques entre moléculas de reactivos dan como resultado productos de la reacción, mientras que la ley de conservación de masa indica que la suma de las masas de los reactivos que han reaccionado es igual a la suma de las masa de los productos formados, descartándose en este balance la cantidad de reactivos que no ha reaccionado, porque los choques no hayan sido efectivos o se haya limitado la cantidad de uno de ellos.
- a) La sustancia A es un reactivo de la reacción porque, según va transcurriendo el tiempo, cada vez hay menos cantidad presente. Sin embargo, la sustancia B es un producto, ya que según avanza el tiempo, va aumentando su masa.  
b) Consúltase la representación gráfica en el solucionario. En ninguno de los dos casos se trata de una relación lineal.  
c) La variación de masa es mayor en el primer intervalo de tiempo, pues en ese momento la concentración de reactivos es mayor, puesto que todavía no han reaccionado apenas. A mayor concentración, mayor probabilidad de choque y, por tanto, mayor velocidad de reacción.
- El primer dibujo muestra un choque con la orientación adecuada para que se formen las moléculas de los productos de la reacción, mientras que en la colisión de la segunda ilustración la orientación no es adecuada y, por tanto, no se produce el cambio químico.
- Al aumentar la temperatura, las moléculas de los reactivos adquieren mayor velocidad y, por tanto, aumenta el número de choques con energía suficiente para dar como resultado la ruptura y la formación de nuevos enlaces, dando lugar así a una mayor producción de moléculas de productos por unidad de tiempo.

### Representación de las reacciones químicas

- No es correcto, puesto que ha alterado la fórmula del producto de la reacción. La ecuación obtenida no es aquella que tiene como producto el dióxido de nitrógeno, sino el trióxido de nitrógeno.
- a)  $4 \text{ Al} + 3 \text{ O}_2 \rightarrow 2 \text{ Al}_2\text{O}_3$       c)  $2 \text{ NH}_3 + \text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow (\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$   
b)  $2 \text{ SO}_2 + \text{O}_2 \rightarrow 2 \text{ SO}_3$       d)  $\text{Fe}_2\text{O}_3 + 3 \text{ H}_2 \rightarrow 2 \text{ Fe} + 3 \text{ H}_2\text{O}$
- Tres moles de dicloro, en estado gaseoso, reaccionan con dos moles de hierro en estado sólido para dar dos moles de cloruro de hierro(III) en estado sólido.

13

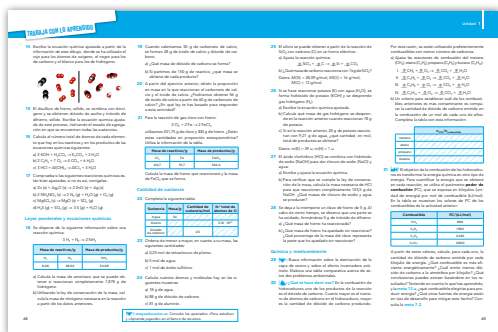
| Elemento | Átomos en reactivos | Átomos en productos |
|----------|---------------------|---------------------|
| Cl       | $3 \cdot 2 = 6$     | $2 \cdot 3 = 6$     |
| Fe       | $2 \cdot 1 = 2$     | $2 \cdot 1 = 2$     |

14  $2 \text{ C}_2\text{H}_2 + 5 \text{ O}_2 \rightarrow 4 \text{ CO}_2 + 2 \text{ H}_2\text{O}$

15  $2 \text{ FeS}_2(\text{s}) + 7/2 \text{ O}_2(\text{g}) \rightarrow 2 \text{ SO}_2(\text{g}) + \text{Fe}_2\text{O}_3(\text{s})$ , o bien:  $4 \text{ FeS}_2(\text{s}) + 7 \text{ O}_2(\text{g}) \rightarrow 4 \text{ SO}_2(\text{g}) + 2 \text{ Fe}_2\text{O}_3(\text{s})$

16 a)

| Elemento | Átomos en reactivos         | Átomos en productos         |
|----------|-----------------------------|-----------------------------|
| K        | $2 \cdot 1 = 2$             | $1 \cdot 2 = 2$             |
| O        | $2 \cdot 1 + 1 \cdot 3 = 5$ | $1 \cdot 3 + 2 \cdot 1 = 5$ |
| H        | $2 \cdot 1 + 1 \cdot 2 = 4$ | $2 \cdot 2 = 4$             |
| C        | $1 \cdot 1 = 1$             | $1 \cdot 1 = 1$             |



En [anayaeducacion.es](http://anayaeducacion.es), el alumnado puede consultar el apartado «Para estudiar» para reforzar y estructurar sus conocimientos sobre los contenidos de la unidad.

Además, dentro del apartado «Aprende jugando», el alumnado encontrará actividades de tipo lúdico con las que podrá autoevaluar sus conocimientos.

| Elemento | Átomos en reactivos | Átomos en productos          |
|----------|---------------------|------------------------------|
| C        | $2 \cdot 2 = 4$     | $4 \cdot 1 = 4$              |
| H        | $2 \cdot 6 = 12$    | $6 \cdot 2 = 12$             |
| O        | $7 \cdot 2 = 14$    | $4 \cdot 2 + 6 \cdot 1 = 14$ |

| Elemento | Átomos en reactivos         | Átomos en productos |
|----------|-----------------------------|---------------------|
| H        | $3 \cdot 1 + 1 \cdot 3 = 6$ | $3 \cdot 2 = 6$     |
| Cl       | $3 \cdot 1 = 3$             | $1 \cdot 3 = 3$     |
| Al       | $1 \cdot 1 = 1$             | $1 \cdot 1 = 1$     |
| O        | $1 \cdot 3 = 3$             | $3 \cdot 1 = 3$     |

- 17 a)  $2 \text{Zn (s)} + 2 \text{Ag}_2\text{O (s)} \rightarrow 2 \text{ZnO (s)} + 4 \text{Ag (s)}$ . La ecuación no estaba ajustada.  
 b)  $2 \text{NH}_4\text{NO}_3 \text{ (s)} \rightarrow 2 \text{N}_2 \text{ (g)} + 4 \text{H}_2\text{O (g)} + 3 \text{O}_2 \text{ (g)}$ . La ecuación no estaba ajustada.  
 c)  $\text{MgSO}_3 \text{ (s)} \rightarrow \text{MgO (s)} + \text{SO}_2 \text{ (g)}$ . La ecuación sí está ajustada.  
 d)  $2 \text{H}_2\text{S (g)} + \text{SO}_2 \text{ (g)} \rightarrow 3 \text{S (g)} + 2 \text{H}_2\text{O (g)}$ . La ecuación no estaba ajustada.

## Leyes ponderales y ecuaciones químicas

- 18 a) Utilizando la ley de las proporciones definidas, obtenemos:

$$m_{\text{NH}_3} = 44,304 \text{ g de NH}_3$$

- b) Utilizando ahora la ley de conservación de la masa, obtenemos:

$$m_{\text{N}_2} = 36,426 \text{ g de N}_2$$

- 19 a) A partir de la ley de conservación de la masa, deducimos que se formarían:

$$m_{\text{CO}_2} = 50 \text{ g} - 28 \text{ g} = 22 \text{ g de dióxido de carbono}$$

- b) A partir de la ley de las proporciones sencillas y los datos del enunciado, obtenemos la masa de óxido de calcio: 84 g. Aplicando nuevamente la ley de conservación de masa, obtenemos:

$$m_{\text{CO}_2} = 150 \text{ g} - 84 \text{ g} = 66 \text{ g de dióxido de carbono}$$

- 20 La proporción pedida es 1,7857.

Aplicando la ley de las proporciones sencillas, calculamos la masa de  $\text{CaCO}_3$  que se tendría que descomponer para obtener 56 g de  $\text{CaO}$ : 100 g de  $\text{CaCO}_3$ . Por tanto, no sería posible obtener 56 de  $\text{CaO}$  a partir de 60 g de  $\text{CaCO}_3$ , pues faltarían 40 g de este reactivo.

- 21 La masa de hierro que reaccionará será:  $m_{\text{Fe}} = 279,25 \text{ g}$ .

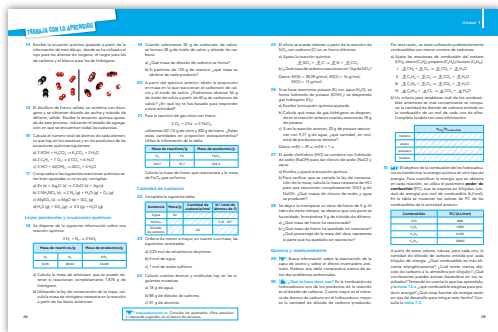
- 22 Para calcular la cantidad de sustancia se debe calcular previamente la masa molar de cada sustancia a partir de las masas atómicas promedio de los elementos que la forman y de la fórmula química. Tenemos así que, para el agua, la masa molar es de 18 g/mol; para el ozono, 48 g/mol, y para el dióxido de carbono, 44 g/mol. Por otra parte, para calcular el número de átomos de oxígeno en cada sustancia hay que conocer la constante de Avogadro y el número de átomos de ese elemento en cada entidad elemental (molécula en estos casos), que es uno para el agua, tres para el ozono y dos para el dióxido de carbono.

| Sustancia          | Masa/g | Cantidad de sustancia/mol | N.º total de átomos de O |
|--------------------|--------|---------------------------|--------------------------|
| Agua               | 54     | 3                         | $1,80 \cdot 10^4$        |
| Ozono              | 83,96  | 1,75                      | $3,16 \cdot 10^4$        |
| Dióxido de carbono | 110    | 2,5                       | $3,01 \cdot 10^4$        |

- 23  $m_{\text{H}_2\text{SO}_4} > m_{\text{H}_2\text{O}} > m_{\text{PbCl}_4}$ .

- 24 Calculamos en todos los casos la masa molar de la sustancia,  $M$ , y, a partir de este valor, calculamos la cantidad de sustancia (en mol), dividiendo la masa en gramos entre la masa molar. Por último, calculamos el número de moléculas multiplicando por la constante de Avogadro y a partir de este valor el número de átomos total, teniendo en cuenta cuántos átomos hay por cada molécula en cada caso:

$$n(\text{mol}) = \frac{m(\text{g})}{M\left(\frac{\text{g}}{\text{mol}}\right)} \rightarrow N = n(\text{mol}) \cdot N_A \text{ (unidades/mol)}$$



Para trabajar la búsqueda de información, en la actividad 29 se solicita al alumnado que, utilizando un buscador, seleccione de forma crítica información sobre dos problemas ambientales para elaborar una tabla comparativa.

### Desarrollo del pensamiento

En [anayaeducacion.es](http://anayaeducacion.es) dispone de un documento explicativo de la técnica «¿Qué te hace decir eso?», propuesta para desarrollar la resolución de la actividad 30.

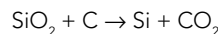
### Compromiso ODS

En [anayaeducacion.es](http://anayaeducacion.es) dispone de los vídeos correspondientes a las metas 13.a y 7.2, cuya consulta ayudará a los estudiantes extraer las conclusiones que siguen las cuestiones planteadas en la actividad 31.

Los resultados se muestran en forma de tabla:

|                    | Fórmula          | m/g | M/(g/mol) | n/mol | N.º moléculas             | N.º átomos                |
|--------------------|------------------|-----|-----------|-------|---------------------------|---------------------------|
| Agua               | H <sub>2</sub> O | 18  | 18        | 1     | 6,022 · 10 <sup>23</sup>  | 1,8066 · 10 <sup>24</sup> |
| Dióxido de carbono | CO <sub>2</sub>  | 88  | 44        | 2     | 1,2044 · 10 <sup>24</sup> | 3,6132 · 10 <sup>24</sup> |
| Aluminio           | Al               | 81  | 27        | 3     | 1,8066 · 10 <sup>24</sup> | 1,8066 · 10 <sup>24</sup> |

25 a) La ecuación química ajustada es:



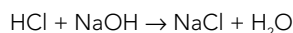
b)  $m_{\text{C}} \approx 200$  g de carbono

26 a)  $2\text{K} + 2\text{H}_2\text{O} \rightarrow 2\text{KOH} + \text{H}_2$

b)  $m_{\text{H}_2} = 2$  g de H<sub>2</sub>

c)  $n = 0,769$  mol

27 a) La ecuación química es la siguiente:



b)  $m_{\text{HCl}} = 94,34$  g

$m_{\text{H}_2\text{O}} = 46,63$  g

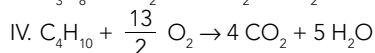
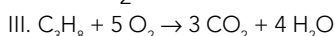
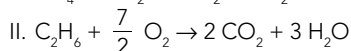
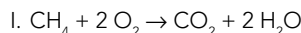
$m_{\text{NaCl}} = 151,21$  g

28 a)  $m = 3,5$  g de Fe

b)  $m = 1,5$  g de Fe. Es un 30% de la masa del clavo.

29 En esta actividad, el alumnado hará una comparación de semejanzas y diferencias, teniendo en cuenta que en ambos casos se trata de problemas ambientales de carácter global, no locales, paulatinos, causados por factores derivados del avance industrial y que afectan a la composición de la atmósfera por acumulación de gases en concentraciones no naturales. Las diferencias entre ambos son varias; destacamos: efectos directos sobre la salud, soluciones a medio plazo, efectos sobre el clima, causas diferentes.

30 a) Las ecuaciones químicas ajustadas son:



b) Observando las ecuaciones anteriores, tenemos:

|         | $n_{\text{CO}_2}/n_{\text{combustible}}$ |
|---------|------------------------------------------|
| metano  | 1                                        |
| etano   | 2                                        |
| propano | 3                                        |
| butano  | 4                                        |

31 Para calcular la cantidad de CO<sub>2</sub> por cada kilojulio de energía obtenido en la combustión de los hidrocarburos anteriores, debemos dividir el número moles de dióxido de carbono emitidos por cada mol de combustible entre el poder calorífico de cada uno de ellos. Los resultados se muestran en la tabla:

|         | $n_{\text{CO}_2}/n_{\text{combustible}}$ | PC/(kJ/mol) | $n_{\text{CO}_2}/\text{kJ}$ |
|---------|------------------------------------------|-------------|-----------------------------|
| metano  | 1                                        | 890         | 0,001124                    |
| etano   | 2                                        | 1560        | 0,001282                    |
| propano | 3                                        | 2220        | 0,001351                    |
| butano  | 4                                        | 2900        | 0,001379                    |

Se observa que el combustible que genera menos cantidad de dióxido de carbono por cada unidad de energía transformada es el metano; por tanto, es el menos contaminante de todos. No obstante, la diferencia entre ellos no es significativa.





# SUMA PIEZAS

*y construye tu aprendizaje.*