



MÁSTER EN FORMACIÓN DEL PROFESORADO

ESPECIALIDAD: Física y Química.

SITUACIÓN PROBLEMÁTICA

¿Qué puede ocurrir cuando una sustancia se calienta?

GRUPO 3

Ana María Garcelán Lizana

Eduardo Olivares López

David Jesús Patiño Pomares

Curso 2022-2023


ÍNDICE GENERAL

Introducción.....	2
1. Análisis cualitativo.....	2
1.1. Comprensión y representación.....	2
1.2. Reformulación del problema en términos operativos.....	7
1.3. Restricciones.....	7
2. Emisión de hipótesis.....	7
3. Diseño y estrategia de resolución.....	7
3.1. Identificación y control de variables:.....	7
3.2. Determinación de las magnitudes a medir, de los datos, materiales, instrumentos y aparatos requeridos para la resolución de la situación problemática:	7
3.3. Representación gráfica o esquemática del diseño:.....	8
3.4. Toma de decisiones para la resolución del problema: el proceso a seguir.....	8
4. Desarrollo y resolución.....	8
4.1. Realización.....	8
4.2. Descripción del proceso.....	9
4.3. Obtención de resultados.....	9
5. Análisis de los resultados.....	9
5.1. Regularidades.....	9
5.2. Respecto a la hipótesis.....	10
5.3. Ejemplo en concreto.....	10
Bibliografía.....	12

Introducción




Nos encontramos frente a la siguiente situación problemática: ¿qué ocurre cuando se calientan las sustancias?

La respuesta a esta cuestión no es sencilla: es necesario entender primero qué es lo que se está pidiendo en esta pregunta. Posiblemente, lo primero que tendríamos que hacer es fijarnos en las palabras más significativas y problemáticas de esta situación: ‘sustancia’ y ‘calentar’. Ambas son palabras que utilizamos en nuestro día a día, o al menos, que hemos oído más de una vez en nuestra vida cotidiana. 

Sin embargo, es necesario entender a qué se refieren ambas palabras con exactitud para poder enfrentarnos a esta cuestión de una manera verdaderamente científica. Esto se hará mediante la Metodología de Resolución de Problemas como Investigación (MRPI) (Martínez, 2009). En la primera fase de dicha metodología, se establece un análisis cualitativo de la cuestión a abordar, y eso es precisamente lo que se hace en los siguientes apartados de éste documento. Dicho análisis consiste en tres fases importantes:

- a) La comprensión de la situación problemática a la que se ha de enfrentar uno. Esto es, definir el marco teórico del que hemos de partir para poder resolver la cuestión.
- b) Reformulación del problema en términos operativos. O bien, redefinir la situación, tal que sea comprensible, concisa y breve.
- c) Establecer las restricciones que se han de aplicar para el desarrollo de la cuestión.

Posteriormente, se establece una hipótesis para guiar el trabajo. Esta, además, estará apoyada en una estrategia de resolución que se diseñará conjuntamente: se establecerán las variables del experimento y se determinarán aquellas magnitudes que se deban medir, además de hacer un listado de los materiales necesarios para resolver la situación problemática.

A continuación, se plantean el desarrollo y la resolución del problema, incluyendo los resultados obtenidos, sin buscar conclusiones, solo exponiéndolos. Y, por último, se hace un análisis fundado de los resultados, pudiendo afirmar la hipótesis, o estableciendo una nueva. 

Con estas bases establecidas, se procede a la aplicación de esta MRPI para la situación que nos ocupa.

1. Análisis cualitativo

1.1. Comprensión y representación

Como se comentaba anteriormente, es necesario tener claros los conceptos “sustancia” y “calentar”. Comencemos con el primero, pues parece el camino intuitivo lógico. Por tanto, ¿qué son las sustancias?

Materia, sustancias, estados de agregación y tipos de cambios.

Cuando se habla coloquialmente de sustancias, la terminología es incorrecta. El lenguaje coloquial no distingue de forma clara lo que es realmente una sustancia, y esto es debido

a que utilizan el término ‘**sustancia**’ como sinónimo de ‘**materia**’. ¿Qué tiene esto de correcto? Vamos a descubrirlo.

La **materia** es todo aquello que nos rodea. Se caracteriza por cuatro propiedades básicas:

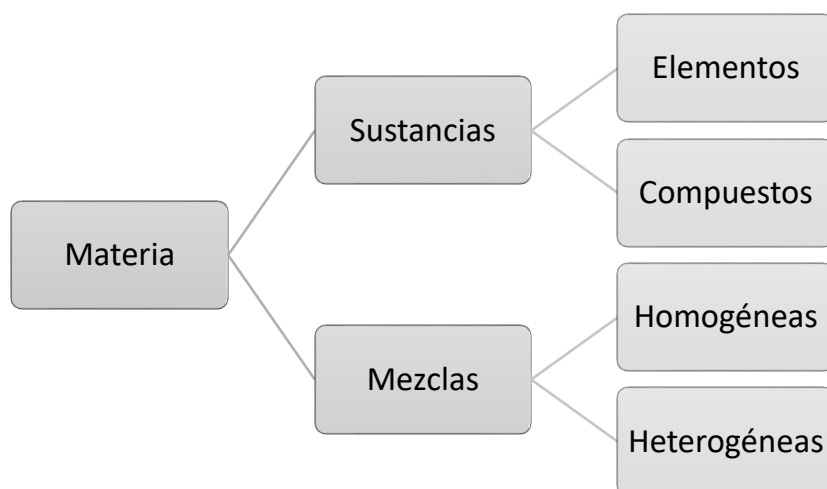
1. Tiene una **masa**, esto es la cantidad de materia que hay en un cuerpo.
2. Ocupa un **volumen** (el hueco que ocupa un cuerpo) en el espacio.
3. Está a una **temperatura** (la cantidad de calor que tiene un cuerpo) determinada.
4. Tiene una **carga eléctrica** (que puede ser nula).

La materia puede estar en forma de **mezclas** o de **sustancias**. Cuando la materia tiene una composición fija y definida químicamente, entonces será una **sustancia**. Las sustancias, a su vez, se pueden clasificar en dos tipos: los **elementos**, conformados por un mismo tipo de átomos según el modelo de Dalton, los **compuestos**, que son agrupaciones de varios elementos unidos químicamente y en propiedades fijas. Las sustancias no cambian su composición, aunque se dé un cambio de las condiciones físicas a las que están sometidas. (Petrucci, Herring y Bissonette, 2011)

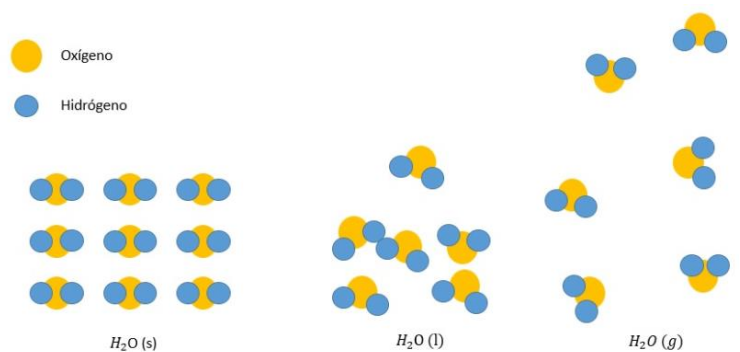
Retomando el previo modelo atómico mencionado, consideramos que los átomos son “bolas” macizas y establecemos los siguientes postulados (Soledad, 2010):

- La materia está formada por partículas indivisibles llamada átomos.
- Los átomos de un mismo elemento son iguales entre sí, tienen la misma masa y propiedades.
- Los átomos de elementos distintos tienen diferente masa y propiedades.
- Distintos átomos se combinan entre sí en una relación numérica sencilla y dan lugar a un compuesto.

Será una **mezcla**, cuando, por el contrario, la materia esté formada por dos o más **componentes** que estén juntos, pero no combinados químicamente, es decir, que se puedan separar sin pasar por un proceso químico, como sucede al juntar garbanzos con lentejas: están juntos, pero se pueden separar con la mano. Se pueden clasificar en dos tipos: **homogéneas**, que tienen una composición uniforme y que será exactamente la misma en cualquier punto de la mezcla, y cuyos componentes interactúan a nivel molecular o iónico (Chang, 2020), y **heterogéneas**, cuyas componentes permanecen físicamente separadas conservando sus propiedades.



Por último, hablamos de los estados de agregación en los que puede encontrarse la **materia**: sólido, líquido y gaseoso. Así, junto con el modelo de Dalton previamente presentado, unimos la aportación de la Teoría Cinético - Molecular: los átomos que conforman la materia se encuentran en movimiento por estar a una temperatura dada, el cual aumenta si elevamos dicha magnitud.



Sólido: los átomos o moléculas están en contacto próximo, a veces en disposiciones muy organizadas que se llaman cristales. Tienen una forma definida. (Petrucchi, Herring y Bisonnette, 2011)

Líquido: los átomos o moléculas tienen más libertad de movimiento que en el caso anterior, por lo que pueden rotar, vibrar y trasladarse en mayor medida: fluyen. Pero, pese a esto, las partículas que los componen siguen permaneciendo unidas. Esto explica el porqué adaptan la forma del recipiente que les contiene, pero conservan un volumen fijo y definido.

Gas: cuentan con una libertad mucho mayor que los estados previos, por lo que las partículas pueden realizar cualquier tipo de movimiento con total de libertad sin la necesidad de permanecer unidas a sus compañeras. Esto hace que, a diferencia de los líquidos, no presenten un volumen constante: tienden a ocupar todo el recipiente que les contiene como consecuencia directa de su gran libertad de movimiento.

La **materia**, además, puede cambiar de dos formas:

- Por un cambio físico: permite variar el estado de la **sustancia** sujeta a estudio o su apariencia, pero jamás su estructura interna. Se entienden como procesos reversibles.
- Por un cambio químico: modifican la composición química de una **sustancia**, dando lugar a otra(s) diferente(s). Son comprendidos como irreversibles.

Calor y temperatura.

Muchas veces, debido a cómo se ha estructurado el lenguaje coloquial, confundimos conceptos científicos con otros cotidianos, por ejemplo, cuando hablamos de 'peso' cuando en realidad nos referimos a la masa. Esto mismo nos pasa cuando hablamos de calor y temperatura.

Esto se ilustra muy claramente con un ejemplo cotidiano: supongamos que tenemos que poner a hervir agua para hacer una manzanilla. La **temperatura** a la que tiene que acabar el agua es fácil: 100°C. Pero, ¿qué tardará más en el microondas: un vaso lleno de agua o una jarra entera?

Intuitivamente, sabemos que tardará más una jarra, pero si tenemos dudas, lo podemos comprobar.

¿Por qué sucede esto, si la temperatura a la que tiene que llegar el agua es la misma? ¿Por qué el microondas tiene que funcionar más tiempo para calentar la jarra que para calentar el vaso?

Pues esto es porque en una jarra de agua hay mucha más masa que en un vaso, y por eso, necesitamos más energía. Esa energía que el microondas está dándole a la materia se llama '**calor**'. Relacionándolo con la Teoría Cinético – Molecular previamente presentada, podemos definir la temperatura como la **cantidad de movimiento** que tienen las partículas microscópicas que conforman la materia, es decir, lo que medimos con un termómetro, se llama '**temperatura**'. (Saldaña y Torres, 2015)

¿Cómo se relacionan el calor y la materia? Tipos de cambios

Como ya hemos visto, la materia, cuando recibe calor suficiente, puede aumentar su temperatura (aunque no solo puede hacer eso). Otro concepto coloquial muy conocido es el de 'enfriarse', que es el proceso por el cual un cuerpo se pone 'frío' (Real Academia Española, [RAE], 2022).

Pero como hemos comentado anteriormente, no siempre que se usa una palabra, se está haciendo de la forma correcta. Y eso mismo es lo que pasa muchas veces cuando hablamos del frío. El frío es solo una sensación que nosotros, los humanos, percibimos en relación a los cambios de temperatura. Como hemos visto, el calor existe como energía y la temperatura es proporcional al movimiento de las partículas. Y cuando un cuerpo pierde calor, es cuando coloquialmente hablamos de 'enfriarse'.

Si tenemos en cuenta un ejemplo cotidiano, como el agua, es fácil ver qué consecuencias tiene la aplicación de estos últimos párrafos:

- Cuando al agua se le proporciona calor suficiente (coloquialmente, 'se calienta'), aumenta su temperatura y cuando llega a los 100°C, **cambia de estado** de líquido a gas, manteniendo su temperatura constante, puesto que el calor que recibe está siendo invertido en ese cambio.
- Análogamente, cuando el agua **pierde** suficiente calor (coloquialmente, 'se enfría'), desciende su temperatura y cuando llega a los 0°C, **cambia de estado** de líquido a sólido, manteniendo también la temperatura constante.

La materia, por tanto, cambia de estado o de temperatura dependiendo del calor que haya absorbido o perdido. Es cierto que hay otras variables que influyen en los cambios de estado, como la presión, pero eso será material para otra situación problemática, puesto que, tal como dice el enunciado, lo que nos importa hoy es lo que sucede cuando calentamos.

Esto es, pues, un cambio físico, porque se revierte cuando el cuerpo recupera la temperatura que tenía anteriormente, sin necesidad de un cambio químico. Los **cambios físicos**, son aquellos en los que se altera la forma de la materia sin cambiar su composición.

Otros cambios físicos que encontramos en el día a día son la disolución de sólidos en líquidos (como cuando echamos el cacao soluble en la leche), o la magnetización de imanes (cuando se acerca un clip a un imán). **(Roberts, 2018)**



Sin embargo, no siempre que **damos** calor a un cuerpo obtenemos un cambio de estado. Por ejemplo, si en lugar de poner una olla con agua en el fuego (que ya sabemos que experimenta un cambio físico al evaporarse y que es reversible al enfriarse), ponemos un filete crudo, la carne se cocina. Y por mucho que lo metamos en el congelador y, por tanto, pierda el calor que le habíamos proporcionado, no volverá al estado original. ¿Esto a qué se debe?

La materia no solo experimenta cambios físicos, sino también químicos.

Hemos comentado que las sustancias están compuestas por moléculas o por átomos. Resulta que hay moléculas que cuando se calientan, se pueden **descomponer**.

Antes de nada, vamos a definir ‘calentar’, pues es una palabra que coloquialmente se utiliza, tal vez sin demasiada exactitud. **Calentar** significa comunicar calor a un cuerpo haciendo que se eleve su temperatura. (RAE, 2022) Es un concepto que engloba los dos que hemos aprendido antes: ‘calor’ y ‘temperatura’.

Ahora ya sí, estamos preparados para hablar de la descomposición. Este es un proceso en el que algunas moléculas grandes se **fragmentan**, es decir, se rompen en dos o más sustancias más simples (o pequeñas). **(International Union of Pure and Applied Chemistry [IUPAC], 2019)**

Esto es un **cambio químico**, como son todos aquellos en los que se altera la composición de la materia. En nuestro día a día vemos muchos cambios químicos: la combustión (cuando encendemos una vela con un mechero), reacciones de oxidación (cuando las manzanas abiertas se ponen marrones).

¿Cómo se puede calentar **la materia**?

Hemos visto que la materia aumenta su temperatura a medida que le proporcionamos calor. De hecho, hemos propuesto dos ejemplos de formas de calentar la materia: en el microondas o en una olla puesta en la vitrocerámica.

Hay muchas formas de generar calor para calentar la materia. De hecho, en la vida cotidiana podemos ver varios ejemplos:



- 1) **Combustión**: quemar el gas de un mechero para obtener la llama, la gasolina en un coche, la leña en la chimenea...
- 2) **Fricción**: es el que se da cuando frotamos dos objetos. Como cuando nos frotamos las manos para que nos entren en calor en invierno.
- 3) **Transformación de energía eléctrica en térmica**: es un proceso en el que se toma la energía que nos da la electricidad (la que viene de los enchufes), para convertirla en calor. Es la que tenemos en las tostadoras, en los calentadores de agua...

Hay muchos más, pero basta mencionar unos pocos para que seamos conscientes de la gran cantidad de formas de calentar materia a las que podemos recurrir.

En un laboratorio, lo habitual es recurrir a los mecheros Bunsen, que son unos quemadores de gases con un orificio regulable, tal que la llama sea producida de la combustión de una mezcla de gas inflamable y oxígeno del aire.

1.2.Reformulación del problema en términos operativos

Identificar el tipo de cambio que se produce al calentar una sustancia.

1.3.Restricciones

- El agua no se empleará para calentar. Solo se utilizará para comprobar qué tipo de cambio ha ocurrido.
- Igualmente, la adición de otras sustancias solo se hará a fin de comprobar qué cambio ha sucedido.
- No se emplearán gases por su difícil manipulación.
- Será necesario cumplir con la normativa de seguridad del laboratorio, puesto que se emplearán fuentes de calor.
- El criterio de solubilidad se restringirá a soluble e insoluble.
- Trabajamos en condiciones de presión constante.

2. Emisión de hipótesis

Hipótesis planteada: al calentar una sustancia tendrá lugar un cambio físico.

3. Diseño y estrategia de resolución

3.1.Identificación y control de variables:

Variable independiente: naturaleza de las sustancias utilizadas.

Variable dependiente: existencia o no de un cambio físico.

3.2.Determinación de las magnitudes a medir, de los datos, materiales, instrumentos y aparatos requeridos para la resolución de la situación problemática:

Materiales, instrumentos y aparatos:

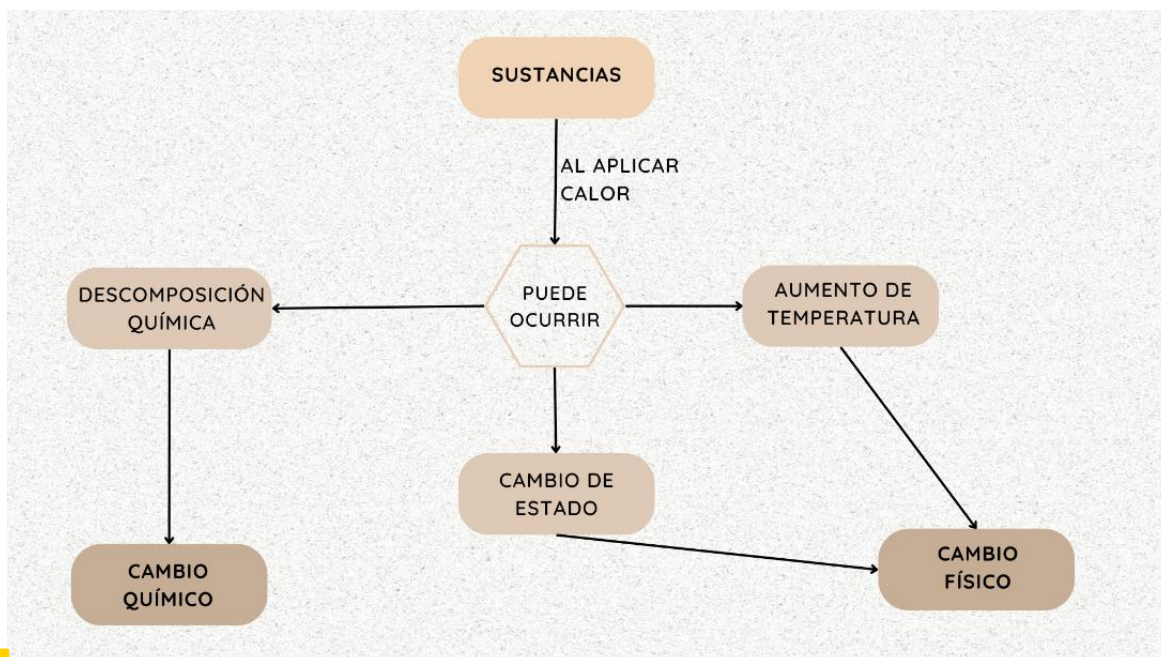
- Sustancia sujeta a estudio.
- Mechero Bunsen.
- Tubos de ensayo donde realizar el proceso de calentamiento.
- Vasos de precipitados, empleados con el objetivo de estudiar propiedades de las sustancias como la solubilidad.

Magnitudes medibles u observables:

- Cambios de color, apariencia, estado de agregación...

- Cambios en la solubilidad de las sustancias en agua.
- Posibles reacciones con otras sustancias.

3.3.Representación gráfica o esquemática del diseño:



3.4.Toma de decisiones para la resolución del problema: el proceso a seguir

1. Se pone una pequeña cantidad de la sustancia problemática (A partir de ahora, denominada A) en un tubo de ensayo y éste se sujeta con unas pinzas de madera.
2. Se enciende el mechero Bunsen con una cerilla y se regula la entrada de aire para que la llama sea transparente. Tomando las precauciones de seguridad, se apartan las cerillas del mechero.
3. Se acerca el tubo con la muestra de sustancia problemática a la llama del mechero, sin apuntar con el tubo hacia uno mismo o los compañeros. Se deja calentar.
4. Se observan los cambios apreciables. ¿Cambia de color? ¿Cambia de estado? ¿Qué se escucha? ¿Qué se ve?

4. Desarrollo y resolución

4.1.Realización

Como se comentaba en el apartado anterior, se ha tomado una muestra de la sustancia problema (A) que es blanca y sólida y se ha puesto en un tubo de ensayo. Éste se calentó en la llama de un mechero Bunsen.

A continuación, se deja enfriar a temperatura ambiente. Se etiqueta esta sustancia resultante del enfriamiento como A', que es un sólido blanco, al igual que A.

En un ensayo posterior, se calentó nuevamente una muestra de A durante diez segundos y después, sin dejar enfriar como habíamos hecho antes, se le añadió una pequeña porción de papel (celulosa).

4.2.Descripción del proceso

En la primera fase de este trabajo experimental, calentar la sustancia, se pudo advertir un primer cambio: la sustancia pasó de blanca sólida, a líquida y transparente, con burbujeo. Esto último puede delatar la presencia de algún gas del cual hablaremos posteriormente.

A fin de evaluar este cambio, se procedió a dejar enfriar el tubo de ensayo con la sustancia calentada: queremos estudiar la reversibilidad del proceso.

Esta sustancia calentada y posteriormente enfriada, tenía apariencia blanca y sólida (a partir de ahora, A') lo cual, a priori, no podía concluirse que fueran dos sustancias diferentes. Para esto, se evaluaron las características de la sustancia problemática, y el sólido obtenido tras la calefacción y posterior enfriamiento.

Se practica un ensayo de solubilidad a fin de comprobar si ambas son solubles en agua. Si alguna de las sustancias hubiera sido soluble y la otra no, se podría concluir que no son idénticas. Pero en caso de que ambas lo sean, o no, no se puede hacer ninguna aseveración.

Finalmente, en un nuevo ensayo de calefacción de A, cuando se observó un cambio de las características físicas (color y textura), se añadió una pequeña porción de papel (celulosa), a fin de comprobar su posible reactividad en contacto con la sustancia problemática. Una llamativa llama con la correspondiente liberación de energía que implica fue visualizada durante tal proceso.

4.3.Obtención de resultados

Se ha observado que, tras unos segundos expuesta al calor, la sustancia A deja de ser un sólido blanco para ser transparente. Se aprecian unas burbujas en la superficie y se escucha un crepitar proveniente del tubo de ensayo.


Tras dejar enfriar la sustancia, se obtuvo nuevamente un sólido blanco (A'), que no pudo ser identificado macroscópicamente. Ambas, A y A' fueron solubles en agua.

Al añadir una porción de celulosa (papel) en una muestra de A calentada, se obtiene una llama intensa. Además, se observó que desprendía humo y que se estaba produciendo una reacción violenta.

5. Análisis de los resultados

5.1.Regularidades


La materia que nos ha ocupado en esta situación problemática concreta es, como acabamos de comentar, calentar una sustancia incógnita en estado sólido. No hemos observado un patrón regular que se haya repetido a lo largo del desarrollo de la práctica. En todo caso, podríamos destacar la aparición de una nueva sustancia sólida tras dejar

enfriar el resultado de calentar A. Pero como ya hemos dicho, no podemos confirmar  sobre su identidad, ya que solo nos basamos en criterios como su solubilidad.

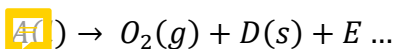
5.2. Respecto a la hipótesis


Nos llama la atención, en primer lugar, la aparición de un burbujeo dentro del líquido transparente que surge dentro del tubo de ensayo después de calentar A. Esto, como pretendíamos introducir al comienzo, puede hacernos pensar que ha surgido un nuevo compuesto en estado gaseoso. Pero necesitamos algo verdaderamente riguroso que arroje luz sobre el asunto más allá que un simple criterio basado en la apariencia.

Es aquí donde entra en juego la pequeña porción de celulosa que depositamos en el tubo de ensayos y la llama que surge: ha tenido lugar una combustión, para la que es necesaria el oxígeno. De esta manera, podemos concluir que partimos de una sustancia desconocida, la cual no puede ser ni mucho menos oxígeno dado su estado sólido en condiciones de laboratorio, y llegamos a una situación final en la que sí había oxígeno: ha habido un cambio químico.

Esta clara demostración implica la irreversibilidad del proceso, una vez seguimos calentando, y la negación de la hipótesis planteada antes. **No obstante, antes de seguir calentando para posteriormente enfriar, ha tenido lugar otro cambio que no podemos clasificar con clara rotundidad pese a volver a la aparición de sólido.** 

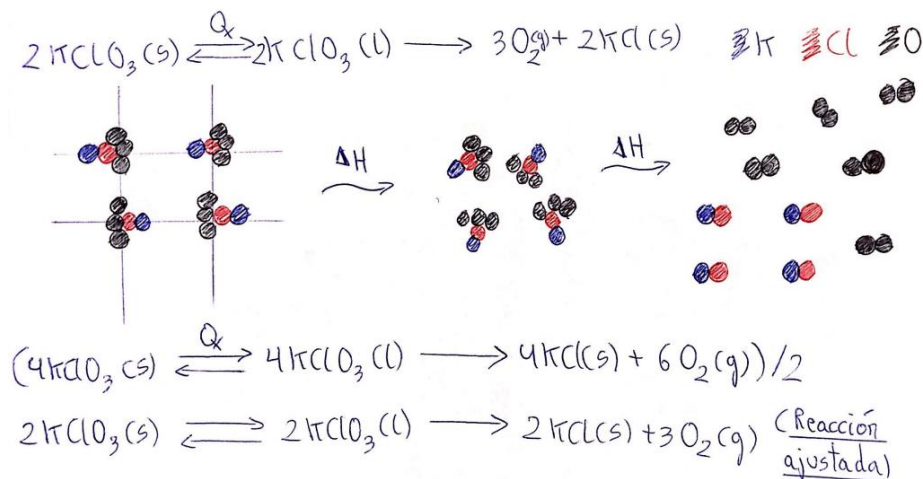
Podemos escribir el **segundo cambio**, el  químico, en términos de reacción de la siguiente manera que mostramos a continuación:





La sustancia se descompuso en oxígeno y en otro producto sólido blanco que quedaba adherido a las paredes del material. Además, podemos contar la presencia de otras sustancias cuya existencia no hayamos podido demostrar, ya sea dentro de ese  sólido mencionado o en forma de gas que abandonó la reacción.

5.3. Ejemplo en concreto

Tras concluir la sesión, supimos que habíamos estado trabajando con clorato de potasio y su descomposición tras ser sometido a una fuente de calor.



El modelo atómico de Dalton abordado en el análisis cualitativo y la Teoría Cinético – Molecular resultan suficiente para explicar la reacción y justificar su estequiometría. 

El primer cambio que tenía lugar era de naturaleza física, ya que era un cambio de estado en el cual el clorato de potasio pasaba a estado líquido. Teníamos indicios sobre ello, pero no podíamos afirmar con rotundidad que seguíamos teniendo entre manos la misma sustancia al ser ambas solubles. 

En lo que respecta al cambio químico posterior, seis moléculas de clorato de potasio se descomponen en cuatro de oxígeno y cuatro de cloruro de potasio. Todos los coeficientes son divisibles entre dos, luego podemos simplificar la expresión.




Bibliografía.

Babor, J. A. (1983). *Química general moderna*. Barcelona: Editorial Marín, S.A.


Chang, R. (2020). *Química, 13ª edición*. Nueva York: Editorial McGraw-Hill.

International Union of Pure and Applied Chemistry (2019). *Compendium of Chemical Terminology*. Último acceso el 27 de noviembre de 2022, desde <https://goldbook.iupac.org/terms/view/D01547>

Martínez, M.^a M. (2009). La MRPI: una metodología investigativa para el desarrollo de las competencias científicas escolares en la Educación Primaria. *Educación científica "ahora": el informe Rocard*, 47-78. 

Petrucchi, R. H., Herring, F. G., Bissonnette, C. (2011). *Química general, 10ª edición*. California: Editorial Pearson.

Real Academia Española (2022). *Diccionario de la lengua española, 23.ª ed.* Último acceso el 27 de noviembre de 2022, desde <https://dle.rae.es>

Roberts, C. (2018). *10 Types of Physical Change*. sciencing.com. <https://sciencing.com/10-types-physical-change-8455782.html> 

Saldaña, J. G. y Torres, C. C. (2015). *Termodinámica para ingenieros* (pp. 298). Madrid: Grupo Editorial Patria.

Soledad, E. (2010). La química y la teoría atómica: química general. Licenciatura y grado en química UNED, 1(2), 22-23.

Universidad Internacional de Valencia. (2022). *¿Qué son materia y energía?* Último acceso el 27 de noviembre de 2022, desde <https://www.universidadviu.com/es/actualidad/nuestros-expertos/que-son-materia-y-energia>