

Modelo para interpretar sistemas materiales

a) Ideas clave

En este apartado del documento se recoge una propuesta orientativa de programación en torno al estudio de los "Sistemas materiales" en la etapa de infantil y primaria. Es exhaustiva para que la escuela pueda decidir cómo distribuye los contenidos a lo largo de los ciclos y cursos. Y cada maestro pueda escoger los que trabaja y en qué nivel de profundización en función de las características e intereses de su alumnado.

El modelo para profundizar en el estudio de los "sistemas materiales" se trabaja en todos los ciclos y se profundiza, en espiral y de forma interrelacionada, en las siguientes ideas:

- Su **estructura** reconociendo cuáles son su composición (las sustancias que forman parte y cómo están distribuidas, por ejemplo, en un objeto, una mezcla...), y las propiedades (cómo son y cómo se comportan).

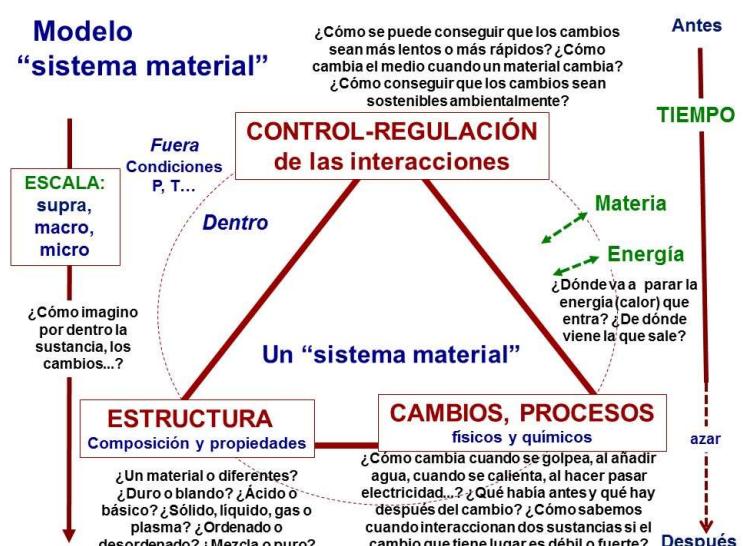
- The diagram illustrates the concept of a "material system" (Un "sistema material") at the top center. Four arrows point from this central concept to four boxes below:

 - An arrow from the top left points to a box labeled "ESTRUCTURA Composición y propiedades". Inside this box are questions: "¿Cómo imagino por dentro la sustancia, los cambios...?", "¿Un material o diferentes?", "¿Duro o blando? ¿Ácido o básico?", "¿Sólido, líquido, gas o plasma?", "¿Ordenado o desordenado?", and "¿Mezcla o puro?".
 - An arrow from the top right points to a box labeled "CAMBIOS, PROCESOS físicos y químicos". Inside this box are questions: "¿Cómo cambia cuando se golpea, al añadir agua, cuando se calienta, al hacer pasar electricidad...?", "¿Qué había antes y qué hay después del cambio?", "¿Cómo sabemos cuando interactúan dos sustancias si el cambio que tiene lugar es débil o fuerte?", and "¿Dónde va a parar la energía (calor) que entra? De dónde viene la que sale?".
 - An arrow from the bottom left points to a box labeled "a".
 - An arrow from the bottom right points to a box labeled "Desp".

- Las *interacciones materia-energía* entre el sistema y su entorno, identificando qué entra y qué sale y cómo se *controla-regula* el cambio (por ejemplo, su velocidad) en función de variables como la temperatura, la presión o la cantidad de las sustancias que interaccionan.

- El *tiempo*, incidiendo en el ciclo del material, es decir, cómo podemos volver a tener a partir de la reflexión sobre de dónde viene (el agua, el papel, el CO₂...) y dónde va en cada uno de los cambios que posibilitan cerrar el ciclo.

- La **escala** a la que nos referimos cuando analizamos un sistema material, diferenciando entre el nivel "supra", que corresponde a cuando los materiales los observamos en un medio determinado (paisaje, máquina, objeto...), "macro", que corresponde a las observaciones hechas de un material concreto a simple vista o con la lupa, y el nivel "micro", que es el que corresponde a cómo nos imaginamos la materia por dentro (discontinua). Actualmente también hablamos del nivel "nano", entre el macro y el micro. Para poder explicar tanto la composición de un material como sus propiedades y cambios debemos imaginarnos cómo es este material por dentro y, por tanto, interrelacionar escalas diversas.



b) Secuenciación a lo largo de la escolaridad básica

En relación al modelo en los distintos ciclos se profundiza en:

- En un *primer estadio* los alumnos aprenden a describir materiales a partir de propiedades observables a simple vista. También diferencian entre objeto y material y reconocen si un objeto está formado por un material o varios. Pueden explicar cambios en función de acciones que hacen (hacer fuerza -apretar, estirar-, mezclar con agua, calentar, acercar un imán...) y de algunas propiedades de los materiales (blandos/duros, solubles/no solubles...). Y pueden empezar a expresar de dónde proviene algún material que forma parte de un objeto o que utilizamos (la harina del pan, la madera de un mueble, la sal...).
- En un *segundo estadio* los alumnos empiezan a describir materiales a partir de propiedades que pueden medir (masa, volumen, temperatura) o que necesitan comparar (más denso o menos denso que...). Reconocen diferencias en cuanto a propiedades entre sólidos, líquidos y gases (conservación de la forma, fluidez, comprensibilidad...) y que un mismo material lo pueden observar de formas distintas (madera y serrín, hierro y limaduras). También diferencian entre un material homogéneo y heterogéneo, y explican interacciones entre sustancias (en una disolución, el agua interacciona con los solutos, un imán interacciona con el hierro, pero no con otros metales...). Y pueden hacer el seguimiento de un material, en diferentes pasos, desde la materia prima al objeto final (de la semilla del trigo al pan, del fruto del algodón a una camiseta, de un mineral de hierro a una llave...). Empiezan a imaginarse los materiales formados por muchas "partes", que son muy pequeñas y que pueden estar más fuertemente unidas o menos (en el hierro la unión es fuerte porque cuesta mucho romperlo, en el agua no tanto porque se puede "romper" o separar en gotas).
- En un *tercer estadio* comienzan a profundizar en propiedades de los materiales y las observan haciendo experimentos (el papel se degrada por acción de la luz, del agua o del calor, la temperatura de fusión o de ebullición es una propiedad característica de cada sustancia ya que no depende de la cantidad que tengamos...) o usando sistemas de medida que implican ordenar (por ejemplo, la dureza). En una mezcla de sólidos y líquidos diferencian si el resultado es una solución o una mezcla heterogénea, pueden separar mezclas (filtrando, decantando, evaporando...) y lo saben relacionar, por ejemplo, con métodos para depurar el agua. Reconocen los cambios de estado que tienen lugar a lo largo del ciclo del agua y lo pueden representar, cerrándolo, tanto el ciclo natural como el urbano. Pueden comprender que, por ejemplo, la cantidad de agua que hay en el Universo es siempre la misma, pero que, si la ensuciamos, necesitamos mucha energía para volverla a tener apta para el consumo humano. Utilizan la idea de que la materia es discontinua y formada por partículas para explicar cambios (disolución, evaporación, filtración...), teniendo en cuenta el tamaño (por ejemplo, son muy pequeñas porque pueden pasar por los poros de un papel de filtro) y las posibles interacciones entre ellas.
- En un *cuarto estadio* (final de primaria) ya serán capaces de identificar propiedades físicas (como la conductibilidad o no del calor y la electricidad) en materiales de uso cotidiano (plásticos, materiales de construcción, metales...), y químicas como la acidez, la oxidación o la combustión, etc. Pueden seguir y cerrar el ciclo de un material, pensando en qué pasa desde la materia prima hasta que lo consideramos un residuo. Utilizan la idea de que la materia es discontinua y formada por partículas para explicar propiedades (cristales o no cristales) y cambios (oxidación, por ejemplo), teniendo en cuenta cómo las partículas pueden estar distribuidas (de forma ordenada o no, uno o más tipos...), antes y después del cambio.

c) Profundización en las ideas básicas y en las "buenas" preguntas

En la naturaleza encontramos un gran número de materiales que tienen propiedades muy diversas y que cambian al ejercer diferentes acciones. En este apartado se hace un breve resumen de las ideas básicas a trabajar para explicar estas propiedades y cambios, ideas habituales del alumnado a revisar y posibles "buenas" preguntas que ayudan a la construcción de las ideas alrededor del estudio del modelo "materia".

- a) **Material y propiedades:** En todo material se pueden observar e identificar dos grandes tipos de propiedades:

Propiedades características o intensivas que dependen del material, pero no de su cantidad (cada sustancia pura las tiene diferentes de otros y la caracterizan). Estas propiedades se mantienen cuando la rompemos, la desmenuzamos, hacemos mezclas...: *sabor, color, olor, densidad, dureza, maleabilidad, solubilidad, conductividad del calor o eléctrica, reactividad química, grado de acidez, estado a una temperatura determinada...*

Propiedades no características o extensivas que no dependen del material, pero sí de la cantidad de materia: *masa y volumen* (dos materiales diferentes pueden tener la misma masa o volumen y un mismo material puede tener diferente masa y volumen).

En estas edades no es necesario entrar a diferenciar entre material y materia. Se dice que el Universo está constituido de materia y energía, y se opone la idea de materia a la "de espíritu" (una de las dificultades de los alumnos -e históricas- es reconocer que la luz y el 'calor' no son materia sino formas diferentes que tiene la energía de manifestarse, aunque en sentido estricto la energía está formada por fotones -un tipo de partículas-).

También hay que tener en cuenta que a menudo se utiliza la palabra 'sustancia' como sinónimo de 'material'. Consideramos que sería preferible utilizar el concepto de sustancia para los materiales puros mientras que el de material sería más amplio, ya que incluiría las sustancias y las mezclas.

El concepto de materia y de sus propiedades se va construyendo a partir de la aplicación de acciones sobre los materiales: romper, desmenuzar, rayar, derramar, transferir, soplar, aspirar, mezclar, calentar, atraer con un imán... si cuesta de rayar decimos que es *duro*, si le podemos dar forma sin que se rompa decimos que es *maleable*, si se va al fondo del agua de un vaso es que es más *denso* que el agua, si se 'rompe' con el agua es *soluble* y la mezcla queda transparente, si 'pica' en la lengua es *ácido* ...

Ejemplos de actividades y preguntas que ayudan a construir estos conceptos pueden ser:

- **Describir materiales:** ¿Cómo es...? ¿Qué sensaciones tienes (que se nota) al hacer una acción? ¿Qué comprobamos al utilizar un instrumento? ¿Qué pasa al acercar un imán al hierro? ¿Y a la madera? ¿Cómo notamos que hay aire a nuestro alrededor? ¿La luz es materia, pesa? ¿Y el calor? ¿Y el aire? ¿Y el agua?... ¿Qué diferencia hay entre un cristal y un vidrio? ¿El hierro es gris o está pintado de gris?
- **Identificar materiales por sus propiedades:** ¿Cómo saber si es hierro o aluminio? Si tiene un determinado olor, sabor, color..., ¿podemos saber qué material es? Si tiene una determinada forma, tamaño..., ¿podemos saber qué material es? ¿Tiene la misma densidad del agua que el aceite? ¿Cómo lo podemos saber? ¿Flota o no flota en el agua? ¿Se disuelve o no? ¿Cómo podemos diferenciar la sal y el azúcar, sin probarlos? ¿Qué propiedades del agua la hacen tan útil para lavar? ¿Por qué utilizamos cables de cobre para que circule la corriente eléctrica y no hilos de plástico? ¿Todos los suelos son igualmente permeables (filtran el agua)? ¿Cómo lo podríamos comprobar?
- **Agrupar materiales:** ¿Tal y tal material tienen el mismo... (propiedad)? ¿Cómo lo podemos saber? Entre diferentes materiales, ¿cuál es el que es más ... (propiedad)? ¿Cómo lo podemos comprobar? ¿En qué se parecen el hierro y la madera, el agua y el

aceite, los diferentes tipos de plástico...? ¿En qué se diferencian? El agua, el hielo y el vapor ¿son el mismo material (sustancia) o son diferentes? ¿Cómo lo podemos saber?

- b) Material/objeto:** Todos los objetos están hechos a partir de materiales. Un objeto puede estar hecho con diversos materiales.

Un objeto viene determinado por sus propiedades extensivas (masa, volumen), mientras que un material por las intensivas. Los objetos los podemos construir gracias a las propiedades intensivas de los materiales. Pensamos, por ejemplo, en las propiedades del material que nos permiten fabricar un cuchillo de hierro y por qué no hacemos cuchillos de madera o de vidrio.

Los objetos se pueden contar fácilmente (son discontinuos), mientras que los materiales los observamos como un continuo. Las 'gotas de agua', como objeto, son observadas discontinuamente, mientras que el material agua lo vemos como un continuo.

A los alumnos les cuesta identificar materiales idénticos presentados en formas diferentes, por ejemplo, en polvo o compacto. También les cuesta diferenciar entre forma y volumen y reconocer que la masa o el volumen pueden ser iguales pese a cambiar la forma.

Ejemplos de actividades y preguntas que ayudan a construir estos conceptos pueden ser:

- **Diferencia entre objeto y material:** *¿De qué materiales está hecho un objeto (juguetes, objetos de uso en la escuela, ropa, una bicicleta...)? ¿Qué materiales hay en un envase (por ejemplo, botella de cava -vidrio, corcho, alambre, papel etiqueta-) Cuando se lleva a reciclar, ¿se han de tirar estos materiales a los mismos contenedores?*
- **Usos de los materiales:** *¿Qué material es lo que nos puede ir mejor para hacer...? ¿Por qué utilizamos cristales para las ventanas? ¿Qué objetos diferentes se pueden hacer con madera, hierro, plástico, 'goma'...? ¿Qué propiedades tienen la madera, el hierro, el plástico, la 'goma'... que las hace tan útiles para fabricar este objeto? ¿Nos podemos imaginar un cuchillo de plastilina, un zapato de 'piedra'...? ¿Por qué los plásticos son unos materiales tan útiles? ¿Qué propiedades los hacen útiles y cuáles no?*

c) Sólidos, líquidos y gases. Tradicionalmente los materiales se clasifican en estos estados, aunque también podemos hablar de plasma como un cuarto estado de la materia (a muy alta temperatura). Sin embargo, la mayoría de los materiales son difícilmente clasificables según estos estados. Por ejemplo, hablamos de cristal líquido y utilizamos muchos geles (flanes, gelatina, detergentes...), que no se pueden identificar ni como sólidos ni como líquidos.

Sin dejar de lado esta clasificación, seguramente interesa 'jugar' también con la idea de materiales formados por partículas *ordenadas* o *desordenadas*. Los materiales que llamamos ordenados, que dan lugar a cristales, los podemos imaginar formados por partículas situadas en un cierto orden, mientras que los que llamamos desordenados - sólidos amorfos, líquidos y gases-, las partículas se distribuyen más al azar. Algunos materiales decimos que están entre el orden y el desorden y por eso hablamos, por ejemplo, de cristales líquidos -utilizados en las pantallas de los televisores LCD (Liquid Cristal Display) -.

Diferentes acciones ayudan a construir los conceptos asociados a los diferentes estados. Por ejemplo, en relación al estado sólido: *coger, romper, desmenuzar, trocear... Derramar y transferir* para los líquidos. Los gases son los más difíciles de conceptualizar para el alumnado ya que como no se ven, creen que no están o que no tienen masa (no pesan) y que no son 'materia'. *Soplar y aspirar* son las acciones que más ayudan a la construcción

del concepto y a imaginar la estructura. También la idea de que se *expanden* (un perfume lo notamos desde una parte de la habitación a otra) y que se pueden *comprimir*.

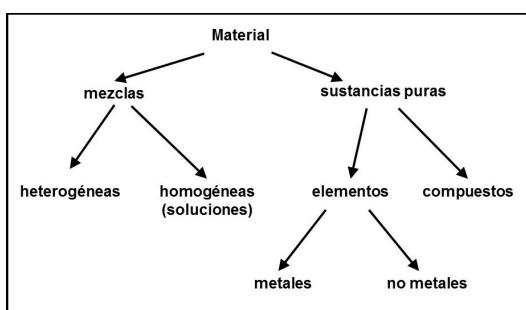
Ejemplos de preguntas que ayudan a construir estos conceptos pueden ser:

- ¿Todos los líquidos se comportan igual? ¿Y los sólidos? ¿Y los gases? ¿En qué se parecen y se diferencian? ¿Un trozo de carne es sólido o líquido? ¿Y un flan? ¿En qué me fijo para decidirlo?

- ¿Cómo podemos obtener un cristal? ¿Cómo podemos hacer que sea mayor?¹ Cuando se rompe un vidrio, ¿qué formas tienen los trozos? ¿Y cuando se rompe un cristal? ¿Al cristal le podemos dar cualquier forma? ¿Y a un cristal de sal le podemos cambiar la forma de cubo? ¿Cómo? ¿Serán iguales las formas de los cristales de sustancias diferentes? ¿Podemos identificar una sustancia que cristaliza por la forma de sus cristales? ¿Cómo nos imaginamos una sustancia por dentro si es un cristal o si es amorfa (sin forma definida)? ¿Cómo será la distribución de las partículas en cada caso? ¿Estarán igualmente ordenadas?

d) Mezclas y sustancias puras. Los materiales pueden estar formados por un solo tipo de sustancias o por varias. Una sustancia es toda porción de materia que comparte determinadas propiedades características. Normalmente la llamamos "pura" para distinguirla de las mezclas. Una sustancia pura puede ser un elemento o un compuesto, según esté formada por un solo tipo de átomos o varios.

Una solución (o disolución) no sólida es siempre transparente, aunque sea coloreada, mientras que una mezcla heterogénea o un coloide es opaca y no posibilita ver objetos a través de ella. El aire es una solución de gases y es transparente, mientras que la niebla es una mezcla (una suspensión coloidal) de aire y gotas muy pequeñas de agua y no es transparente.

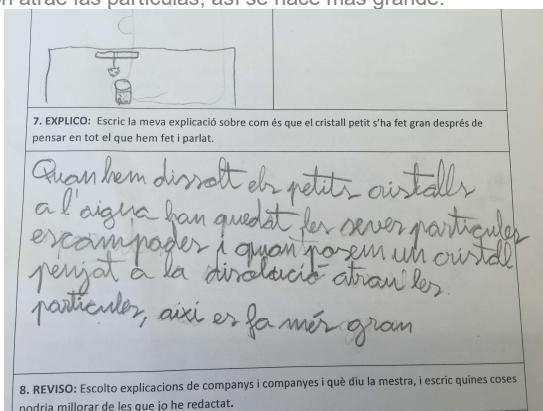


La figura adjunta representa cómo se clasifican los materiales según su constitución.

Las acciones para construir estos conceptos se relacionan con los métodos o técnicas de separación o de formación. Los dos tipos de acciones asociados a los conceptos -juntar y separar- son necesarios para construir los

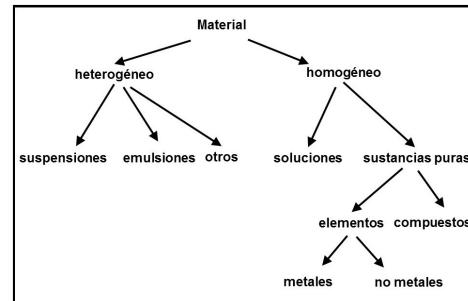
¹ Ejemplo de explicación de un niño de 4º primaria (Escuela "La Mar Bella", Barcelona)*

*En catalán. Traducción del enunciado del ejercicio: 7. EXPLICO: Escribo mi explicación sobre cómo se explica que el cristal pequeño se haya hecho grande después de pensar en todo lo que hemos hecho y hablado. Traducción de la respuesta del alumno: Cuando hemos disuelto los pequeños cristales en el agua han quedado sus partículas espaciadas y cuando ponemos un cristal colgado en la disolución atrae las partículas, así se hace más grande.



conceptos. Por ejemplo, juntamos sustancias y se forman mezclas, o bien tenemos mezclas y filtramos, decantamos, destilamos, hacemos una cromatografía, atraemos con un imán... y obtenemos sustancias puras.

El grado de dificultad en la construcción de estos conceptos viene dado en parte por las acciones a realizar para obtenerlos. Los niveles representados en el gráfico también nos dan un criterio para secuenciar su aprendizaje. En el primer nivel se pueden clasificar los materiales en homogéneos y heterogéneos sólo observando a simple vista. Para el segundo, es necesario efectuar cambios de tipo físico (si las interacciones entre las sustancias que lo forman son débiles) como, por ejemplo, filtrar, decantar, destilar, hacer una cromatografía..., y para el tercer nivel se necesitan cambios químicos (interacciones fuertes) como, por ejemplo, calentar fuertemente o hacer una electrólisis.



Al alumnado les cuesta diferenciar entre una solución y un compuesto, porque en ambos casos se observa como si fuera una sola sustancia. Las diferencias básicas son que en el caso de las soluciones, las sustancias que la forman interactúan de forma débil y se pueden mezclar en diferentes proporciones, mientras que en un compuesto los elementos que lo forman interactúan de manera fuerte y la composición es constante.

Ejemplos de preguntas que ayudan a construir estos conceptos pueden ser:

- ¿Cómo podemos saber si un material está formado por una sola sustancia o muchas? ¿Y el agua del grifo? ¿Y el aire? ¿Una roca es una sustancia pura o una mezcla? ¿Cómo lo podemos saber? ¿De qué están hechos los 'aires no transparentes': niebla, humo...? ¿Todos los 'aires' y todas las aguas son iguales? ¿Qué hay en el agua del mar, en el agua con gas...? ¿Hay aguas limpias y sucias? ¿Y aires? ¿Cómo se ensucia el agua o el aire? ¿Por qué es importante que el agua y/o el aire estén limpios? ¿Por qué no es bueno respirar aire de un cigarrillo? ¿Qué hay en un detergente comercial? ¿Dónde van a parar sus componentes cuando los mezclamos con el agua? ¿Se disuelven en el agua? ¿Es fácil separar las sustancias que forman parte de un detergente una vez mezcladas con el agua?

- ¿Cómo se puede diferenciar entre una solución y una mezcla (heterogénea)? ¿Podemos diferenciar a simple vista si es una cosa o la otra? ¿Podemos tener soluciones sólidas? (Aleaciones) ¿Y de gases? (Aire). ¿El papel se disuelve en el agua? ¿Y la harina? ¿Cómo podemos saber si un material es una sustancia pura o no a través de su punto de fusión? ¿Cómo podemos separar los ingredientes del Cola cao?

- ¿Cómo podríamos separar limaduras de hierro mezcladas con harina? ¿Y sal y harina, arena y agua, aceite y agua? ¿O obtener sal del agua de mar y alcohol del vino? ¿Podríamos separar la sal del agua filtrando? Para depurar el agua, ¿qué técnicas podemos utilizar? Y si quisieramos tener agua potable, ¿qué más se debería hacer y comprobar? ¿Por qué? ¿Qué y cómo debemos separar todo lo que tiramos a la basura? ¿Por qué hay que hacerlo? ¿Qué hacer con un objeto que es de plástico y cartón? O de ... ¿Qué será más fácil reciclar, un envase de leche de plástico o un envase "tetrabrik"? ¿Por qué?

e) **Cambios.** Cuando un sistema material cambia, las sustancias finales tienen propiedades diferentes de las iniciales. En todo cambio, la masa se conserva. Los cambios se producen al ejercer acciones sobre los materiales -dar un golpe y romper o desmenuzar, interaccionar (con el agua, el aire u otros materiales), calentar (gracias al Sol o a cualquier otra fuente de calor), hacer pasar la corriente eléctrica...-. Pueden ser más rápidos o más lentos y hay factores que los pueden acelerar.

Tradicionalmente se denominan como **físicos o débiles** aquellos que se caracterizan porque la sustancia es la misma al inicio que al final del cambio, aunque la podemos observar como diferente. Es el caso, por ejemplo, de los cambios de estado: el hielo, el agua líquida y el vapor son el mismo material: agua, y se puede pasar de un estado al otro transfiriendo energía en un sentido o en otro. Cada paso entre estados recibe un nombre y todos ellos son reversibles.

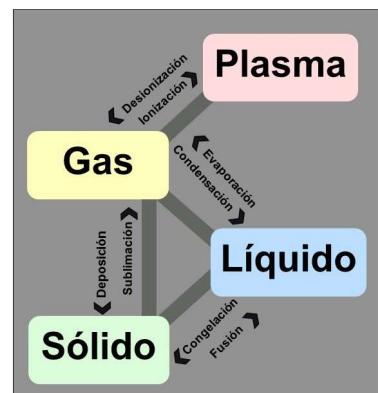
Otros cambios físicos o débiles interesantes para ser estudiados son la dilatación, la difusión y la disolución.

Cuando se explican es interesante hablar de la conservación del material y de los cambios en la estructura (que implican la conservación de las partículas). Por ejemplo, un material se dilata porque las partículas se separan (se mueven más rápidamente) y, por lo tanto, ocupan más espacio (volumen), pero no porque las partículas se dilaten.

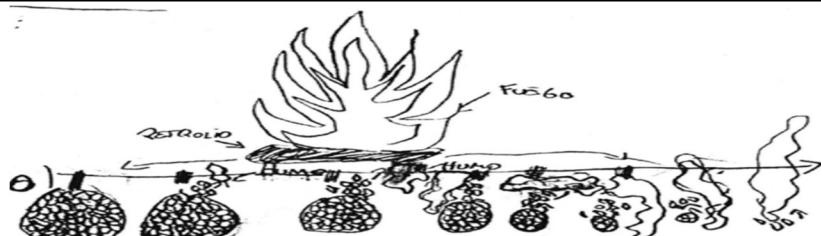
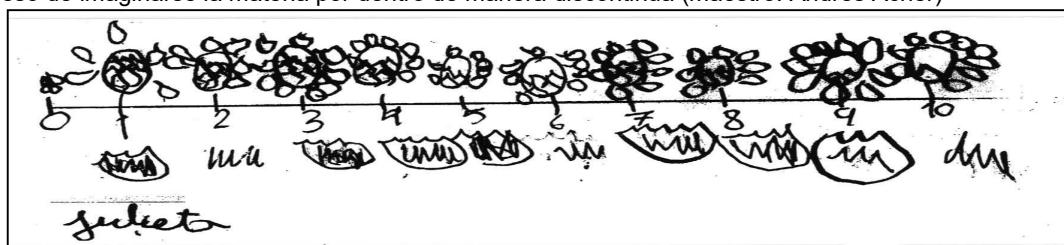
Los niños y las niñas, desde muy pequeños, pueden empezar a construir una representación de la conservación de la materia en los cambios.²

Ejemplos de preguntas que ayudan a construir estos conceptos pueden ser:

- ¿Qué piensas que pasará al mezclar (harina, azúcar, sal...) con el agua, aceite, alcohol ...? ¿Cómo explicamos que no en todos los casos observamos lo mismo? ¿En la mezcla siguen estando las sustancias que hemos mezclado? ¿Cómo se podría saber? ¿Cómo se ensucia el agua? ¿Qué cambia al ensuciarla? ¿Por qué no tenemos que tirar el aceite por el fregadero?



² Ejemplos de dos representaciones de alumnos de 7 años sobre el cambio del agua al evaporarse en los que se puede comprobar como ya tienen una primera idea de conservación. Estos alumnos habían hecho todo un proceso de imaginarse la materia por dentro de manera discontinua (maestro: Andrés Acher)



- ¿Cómo cambia un material al calentarlo? ¿Lo podemos volver a tener igual que al inicio al enfriarlo? ¿Qué pasa con la temperatura mientras una sustancia pura se funde? ¿Y con un vidrio? ¿Cómo se explica que a veces se empañen los cristales?

- ¿Cómo se explica que una pelota esté más "hinchada" después de dejarla al Sol? ¿Cómo funciona un termómetro de alcohol? ¿Cómo se explica que en verano nos cueste más poner o quitar un anillo que en invierno?

- ¿Cómo se explica que notemos un perfume lejos del lugar donde está la botella abierta?

Los **cambios químicos o fuertes** son los que se caracterizan porque las sustancias iniciales (reactivos) son diferentes a las que se obtienen al final del cambio (productos). Puede cambiar el color, la densidad, el punto de fusión... Cuando quemamos madera, al inicio teníamos celulosa, lignina... y oxígeno, y al final tenemos otros materiales (agua, dióxido de carbono y cenizas). La mayoría de los cambios químicos no son reversibles, como es el caso del ejemplo anterior. Un ejemplo contrario es el del sulfato de cobre que es de color blanco y cuando reacciona con el agua es de color azul (sulfato de cobre pentahidratado). Reconocemos que ha tenido lugar un cambio químico porque ha cambiado de color. Sin embargo, si calentamos volvemos a tener el sulfato de cobre inicial (de color blanco).

En estos cambios la masa también se conserva. Es decir, la masa de los reactivos es igual a la de los productos. Al quemar madera, aunque parece que "se pierde" materia, si pesamos el agua, el dióxido de carbono y las cenizas, obtendremos la misma masa que sumando la madera y el oxígeno inicial.

Para explicar un cambio químico o fuerte no es suficiente hablar de 'partículas', hay un subnivel más: las partículas son moléculas formadas por átomos. Los átomos son los mismos antes y después del cambio, pero las moléculas son diferentes, ya que los átomos se reorganizan, combinando de manera diferente a la inicial.

Ejemplos de cambios químicos que tienen lugar en los seres vivos son la respiración, la digestión de los alimentos, la fotosíntesis, la obtención de yogur a partir de la leche, etc. Otros cambios químicos son la oxidación de los metales, la electrólisis del agua, los fuegos artificiales...

Ejemplos de preguntas que ayudan a construir estos conceptos pueden ser:

- ¿Se podría hacer fuego sin aire? ¿Qué hay en el aire que lo hace tan importante? ¿Se puede quemar algo (una vela) si no hay aire? ¿Cómo se apaga un incendio? ¿Por qué? Sabiendo que se necesita para que se produzca un incendio -materiales combustibles, oxígeno y temperaturas altas-, ¿cómo actuaríamos si se produjera uno en la escuela?

- ¿Qué hace el aire cuando entra en nuestro cuerpo? ¿Con qué reacciona? ¿Qué productos se obtienen? ¿Qué diferencia hay entre el aire inspirado y el expirado? ¿Cómo lo podemos saber? ¿Por qué son diferentes? ¿Cómo va cambiando el pan cuando entra en nuestro cuerpo? ¿Cómo se transforma la leche en yogur? ¿Cómo se explica que el yogur tenga un sabor diferente al de la leche? ¿Por qué al poner una planta en un armario se vuelve de color amarillento y finalmente muere? ¿Qué le entra a una planta para fabricar su alimento y que le sale? ¿Qué les hacemos a los suelos y qué les añadimos para que sean más adecuados para cultivar plantas? Si es muy ácido, ¿qué se puede hacer?

- ¿Por qué se oxida el hierro? ¿Por qué cubrimos el hierro con pintura de mini? ¿Al hierro oxidado también lo atrae un imán? ¿Por qué? ¿Qué crees que se necesita para hacer fuegos artificiales? ¿Cómo explicamos el cambio que observamos al



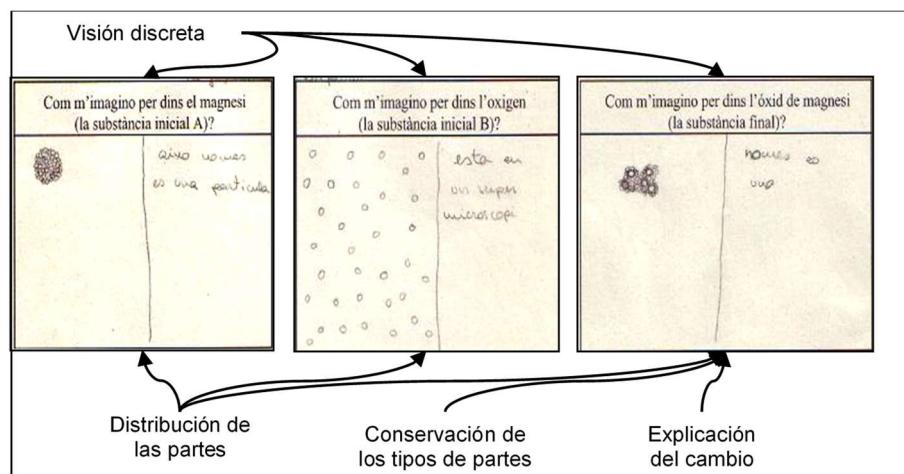
Fotografía 1. Quemando magnesio

quemar magnesio?³ ¿Cómo obtener fuegos de colores diferentes? ¿Qué precauciones hay que tener para que no se produzcan accidentes al manipular petardos? ¿Cómo explicamos que si las tenemos en cuenta no nos hacemos daño? Al poner una pastilla efervescente en el agua sale un gas, ¿cómo puedo saber si se ha disuelto o se ha producido un cambio químico? ¿En qué nos podemos fijar?

f) Ciclo de un material. Podemos 'seguir la pista' a un material: como lo encontramos en la naturaleza (y aún podríamos ir más atrás para estudiar sus cambios geológicos o biológicos), cómo lo vamos transformando para diferentes usos, cómo lo dejamos de utilizar y cómo vuelve a formar parte de la 'naturaleza' (**ciclo del material**). Siempre que hay un cambio implica que hay una transferencia de energía. La energía del universo se conserva -siempre es la misma-, pero cuando un material cambia la energía del producto final es de menor calidad (se ha perdido en forma de calor o, lo que es lo mismo, se ha degradado). Una excepción muy importante es la *fotosíntesis*. En este cambio, uno de los productos que se obtienen -los glúcidos- almacenan la energía del Sol.

Los alumnos pueden empezar a pensar desde pequeños de dónde viene un material que utilizamos y a dónde va. Poco a poco pueden ir construyendo cadenas de transformación, desde la materia prima a los diferentes objetos que utilizan, y reconocer cómo un material va cambiando para llegar a cerrar el ciclo. Ejemplos de ciclos que se pueden trabajar son

³ Dibujo de un alumno de 6º de la escuela Coves d'en Cimany para explicar el cambio producido al quemar magnesio (cambio químico). Los enunciados, en catalán, dicen: 1. ¿Cómo me imagino por dentro el magnesio (la sustancia inicial A)? 2. ¿Cómo me imagino por dentro el oxígeno (la sustancia inicial B)? 3. ¿Cómo me imagino por dentro el dióxido de magnesio (la sustancia final)?



el del agua⁴, el del papel⁵, el del algodón, el de alguna roca, el de un alimento... Es importante reconocer que la materia se conserva (el agua, el oxígeno...), pero que para cerrar el ciclo en la mayoría de los cambios hay que transferir energía que se va degradando. Por lo tanto, el problema no es poder volver a disponer de un material, sino la energía que se necesita para obtenerlo.

Ejemplos de preguntas que ayudan a construir estos conceptos pueden ser:

- *¿De dónde proviene el (los) material(es) con el(los) que se ha hecho un jersey, un mueble, un juguete, un envase, una máquina, el papel...? -Sigamos la pista a.... El pan, un tejido, una cuchara... ¿qué era antes? ¿Y antes? ¿Y antes?... ¿Cómo se pasa de una planta a fabricar pan?*

- *¿Qué pasa con un material cuando ya no lo usamos? ¿Qué le pasa al papel, al plástico, a un metal, a la comida...? Esta lámina de hierro -plástico, papel, comida... -, ¿qué era antes? ¿Y antes? ¿Y antes?... Y después, ¿en qué se transformará? ¿Y después? ¿Y después?... ¿Podríamos volver al inicio, hacer un ciclo?*

- *En la naturaleza, ¿hay algo que desaparezca? ¿Cómo lo podemos saber? ¿Cuánto tiempo tarda un material en cambiar (en hacer el ciclo)? ¿Todos los materiales tardan lo mismo? ¿Qué es mejor para el medio ambiente, utilizar muchos envases y tirarlos a los lugares que se recomienda o bien tratar de utilizar productos que tengan menos envases (poner ejemplos de ir a comprar)? ¿Por qué?*

- *¿Podemos imaginar y contar la historia de una gota de agua en la naturaleza? ¿Y de una que llega a nuestra casa? ¿Qué cambios van sucediendo en la gota? ¿Por qué se producen estos cambios? ¿En qué cambios del ciclo se necesita 'gastar energía'? ¿Qué diferencia hay entre la energía que es necesaria para los cambios en el ciclo del agua natural y en el ciclo del agua que llega a nuestra casa? ¿Dónde va a parar el agua que llueve? ¿De dónde proviene el agua que sale por una fuente? ¿A dónde va a parar el agua que tiramos por el fregadero o el inodoro?*

- *¿Con qué materiales está construida la escuela (o un edificio de Gaudí, o...)? ¿De dónde provienen estos materiales? ¿Qué cambios han tenido lugar para que sean útiles para la construcción? ¿Y en qué se transforman a lo largo de los años? ¿Cuáles son las rocas que se utilizaron como materias primas? ¿Podemos seguir la pista a los cambios desde una roca en cada material de construcción? ¿Y esta roca, de dónde proviene?*

g) Estructura de la materia. Para poder explicar estas propiedades y cambios debemos imaginarnos de qué están hechos los materiales, qué 'partes' o partículas los forman, como son estas partículas, cuántas hay, cómo se ordenan y se reparten, como se unen entre ellas (**estructura**). La materia la percibimos como algo continuo y para explicar sus propiedades y cambios nos la debemos imaginar como algo discontinuo. No es necesario que en estas etapas los niños y niñas sepan la diferencia entre un átomo, una molécula o un ion, basta que se representen que lo que ven como continuo, está formado por partes.

⁴ Márquez, C., & Bach, J. (2007). Una propuesta de análisis de las representaciones de los alumnos sobre el ciclo del agua. *Enseñanza de Las Ciencias de La Tierra*, 15(3), 280–286.
<http://www.raco.cat/index.php/ect/article/viewFile/121419/167869>

Márquez, C. (2005). Treballar el cicle de aigua des de la perspectiva dels models explicatius. *Perspectiva Escolar*, 292, 26–34.

⁵ Castellort, A., & Samartí, N. (2006). El cicle del paper: una proposta didàctica per aproximar-nos a la comprensió del problema dels residus. *Ciències*, 4, 2–6. <http://ddd.uab.cat/record/5775>

Las partículas (con los más pequeños podemos hablar de 'partes'):

- Son muchísimas y muy, muy pequeñas. No se pueden ver y, por lo tanto, las imaginamos. Pero al imaginarlas podemos explicar las propiedades y cambios que observamos.
- Están distribuidas en el espacio, bien de forma ordenada formando cristales o bien de forma desordenada, más o menos al azar, en el caso de los sólidos amorfos, los líquidos y los gases. En el caso de los plásticos y las fibras de los tejidos forman largas cadenas y, por tanto, se pueden doblar y hacer hilos, pero costará romper estas cadenas.
- Están unidas entre ellas por fuerzas que pueden ser más o menos fuertes. Si son fuertes, será más difícil romper (desmenuzar) el material (y, por lo tanto, será más duro).
- Se mueven. Cuanto más caliente está un material (más temperatura), más se mueven sus partículas. Por lo tanto, en un gas se mueven más rápidamente que en un sólido. Si la unión entre ellas es más débil se pueden mover más fácilmente.
- En un cambio débil o físico el número de partículas es el mismo antes y después del cambio.

Un material es pues un sistema formado por 'partes' -partículas, átomos, moléculas, iones...- que interaccionan entre ellas de forma que las propiedades no son de las partículas sino del conjunto (el átomo no es 'duro', sino que el material es duro como resultado de la forma en que interaccionan sus 'partes'). Unas propiedades y cambios se pueden explicar sólo imaginando 'partículas' pero para otros se necesita pensar en partes más pequeñas (subniveles): átomos, electrones, quarks... Por ejemplo, el cambio de estado se puede explicar con la idea de partícula, pero para entender la combustión del carbón necesitamos hablar de los átomos y para explicar la conductividad eléctrica de un material, imaginar los electrones que es una parte del átomo.

Cada tipo de partícula corresponde a un nivel o escala de descripción de la composición de la materia. Por ejemplo, entre un material que observamos a simple vista y estructuras atómicas o moleculares, hoy hablamos de la escala de nanopartícula, que es la parte más pequeña de la materia que tiene las propiedades del material. Por ejemplo, una molécula de agua (nivel micro) no tiene las propiedades del agua (nivel macro). En cambio, para tener la parte más pequeña de agua, necesitamos un pequeño número de moléculas de agua unidas entre sí (nivel nano).

Ejemplos de preguntas que ayudan a construir estos conceptos pueden ser:

- *¿Podemos romper (desmenuzar) el agua, el aire, una galleta, un metal, un cabello o hilo ...? ¿Cómo? ¿Cómo de pequeñas pueden llegar a ser las partes? ¿Cuántas partes podemos llegar a tener? ¿Cómo nos imaginamos el material por dentro si es que podemos cambiar su forma, romperlo...? ¿Cómo nos lo imaginamos por dentro antes de romperlo y después? Si los materiales son diferentes, ¿las partes serán diferentes?*
- *¿Cómo nos imaginamos una sustancia o una mezcla por dentro si pudiéramos ver sus partes con unas gafas mágicas? Pensamos en el agua, un metal, el agua de mar, el aire... ¿Cómo serán estas partes? (Tamaño, igual/diferentes...). ¿Cómo nos imaginamos el agua por dentro teniendo en cuenta que se puede romper (en gotas), pasar por un papel de filtro...? ¿Cómo nos imaginamos el agua y el colorante mezclados (por dentro) cuando es de un color muy intenso o no tanto?*

- ¿Qué pensamos que pasa a las "partes" del material cuando lo rompemos, lo desmenuzamos, lo mezclamos con agua, lo calentamos... Podemos 'romper un material con el agua'? ¿Dónde están las partes de la sal/azúcar cuando se disuelve en el agua? ¿Podemos 'romper' un material con fuego? ¿Qué nos imaginamos que les pasa a las partes? ¿Cómo nos imaginamos el aire por dentro (sus partes) antes y después de comprimirlo con una jeringuilla? ¿Cuándo estarán más juntas las 'partes'? ¿Habrá cambiado de forma o de tamaño?

- ¿Cómo nos imaginamos las partes del agua cuando está en estado sólido (hielo), estado líquido o estado gaseoso? ¿Cómo están distribuidas en el espacio? ¿Estarán ordenadas o desordenadas? ¿Podemos representarlo con un dibujo? ¿Y con nuestro cuerpo? En un vidrio, ¿sus partículas estarán distribuidas de manera más parecida a las de un cristal o a las de un líquido? ¿Cómo lo podemos saber observando un cristal o un vidrio?

- ¿Cómo estarán unidas las 'partes' si cuesta romper el material o si se rompe fácilmente? ¿Nos podemos imaginar cómo se unirían personas si fueran las 'partes' de una galleta, de una madera o de un metal?

- ¿Qué crees que pasará con las 'partes' de un material cuando le demos energía (calentemos)? -el agua, el aire, un metal...-. Cuando 'tienes mucha energía', ¿te puedes mover más?