



Gaspar Sánchez Blanco (coord.)

Los estados de agregación de la materia

Una propuesta de enseñanza para
3º de la ESO basada en analogías

Gaspar Sánchez Blanco y María Victoria Valcárcel Pérez, profesores de Didáctica de Ciencias Experimentales en la Universidad de Murcia, tienen una dilatada experiencia docente en la formación de maestros de Primaria y de profesores de Física y Química de Secundaria. A través de la innovación e investigación didáctica han profundizado en el conocimiento de los procesos de enseñanza y aprendizaje de las ciencias, aportando numerosas publicaciones tanto en ese ámbito como en el de la formación de los propios profesores.

Benigno Martín González González, María Ángeles Delgado Martínez y Francisco Romero Ayala son profesores de Física y Química de Secundaria, tienen una gran experiencia docente y han realizado sus tesis doctorales en diversas temáticas relacionadas con la enseñanza de las ciencias; los tres son o han sido profesores asociados del Departamento de Didáctica de Ciencias Experimentales.

Jerónima Sánchez Morillas, Josefa Rubio Cascales y Bruno Martiz Liza también son profesores de Física y Química de Secundaria, con menos experiencia investigadora pero no menos ilusión por la innovación docente para que sus alumnos aprendan mejor la ciencia que les enseñan y disfruten aprendiendo.

Publicaciones recientes de la Consejería de Educación y Universidades

www.educarm.es/publicaciones

- **Haikus. Palabra e imagen** / José Dionisio Espejo Paredes (coord.) / José Juan García Box. (coord.)
- **Preparación de equipos en centros docentes para el uso de las TIC** / Juan Carlos Gómez Nicolás
- **Investigación y procesos creativos en el aula de Filosofía: Materiales para una reflexión filosófica en 1º de Bachillerato** / José Dionisio Espejo Paredes (coord.)
- **Cómo trabajar la Inteligencia Emocional mediante el Aprendizaje Cooperativo en 4º curso de Primaria** / Encarnación González Carretero
- **El ordenador como herramienta complementaria en educación infantil** / Salomé Recio Caride (coord.)
- **Aula de prevención y resolución de conflictos** / Juan Carlos Caballero García (coord.)
- **Formation linguistique pour enseignants de DNL des sections bilingues de français de la Région de Murcia** / Julia Soriano Escobar

Los estados de agregación de la materia

**Una propuesta de enseñanza para
3º de la ESO basada en analogías**

**Gaspar Sánchez Blanco (coord.)
María Victoria Valcárcel Pérez
Benigno Martín González González
María Ángeles Delgado Martínez
Francisco Romero Ayala
Jerónima Sánchez Morilla
Josefa Rubio Cascales
Bruno Martiz Liza**



Región de Murcia

Consejería de Educación y Universidades



Región de Murcia
Consejería de Educación
y Universidades

Estos materiales forman parte de un proyecto de investigación e innovación educativa del PROGRAMA III 2013 previsto en el Convenio de Cooperación de la Universidad de Murcia y la Consejería de Educación, Formación y Empleo de la CARM.

Edita:

© Región de Murcia

Consejería de Educación y Universidades

Secretaría General. Servicio de Publicaciones y Estadística

www.educarm.es/publicaciones

Creative Commons License Deed



La obra está bajo una licencia Creative Commons License Deed. Reconocimiento-No comercial 3.0 España.

Se permite la libertad de copiar, distribuir y comunicar públicamente la obra bajo las condiciones de reconocimiento de autores, no usándola con fines comerciales. Al reutilizarla o distribuirla han de quedar bien claros los términos de esta licencia.

Alguna de estas condiciones puede no aplicarse si se obtiene el permiso del titular de los derechos de autor.

Nada en esta licencia menoscaba o restringe los derechos morales del autor.

© Autores

Imagen de cubierta: Desiderio Guerra

Diseño y maquetación: desiderioguerro@elperropinto.com

I.S.B.N.: 978-84-617-6427-3

1ª Edición, Noviembre 2016

Índice

PRESENTACIÓN	6
PARTE I: GUÍA DIDÁCTICA DEL PROFESOR	
I.1. Fundamentos de la propuesta de enseñanza	8
I.2. Propuesta de enseñanza: selección y análisis de contenidos15
I.3. Propuesta de enseñanza: secuencia de actividades32
PARTE II: MATERIALES DIDÁCTICOS DE LOS ALUMNOS	
II.1. Hojas de trabajo del alumno: analogías sobre los estados de agregación y cambios de estado (actividades 7, 8 y 9)52
II.2. Cuestionarios de evaluación para los alumnos83
CONCLUSIONES91
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS94

Presentación

Este trabajo es el resultado de dos proyectos de investigación e innovación educativa del PROGRAMA III, previsto en el Convenio de Cooperación de la Universidad de Murcia y la Consejería de Educación, Formación y Empleo de la CARM. El primero se completó en el año 2008, bajo el título: Las analogías como mediadoras del aprendizaje científico acerca de la estructura y composición de la materia. El segundo se completó en el año 2014, bajo el título: Implementación y evaluación de una propuesta de enseñanza basada en analogías sobre los estados de agregación de la materia. Los profesores participantes en este último proyecto, así como los centros educativos en los que desarrollan su trabajo, son los siguientes:

Investigadores	Centro de trabajo
Gaspar Sánchez Blanco (Coordinador)	Facultad de Educación. Universidad de Murcia
María Victoria Valcárcel Pérez	Facultad de Educación. Universidad de Murcia
Benigno Martín González González	IES Sierra de Carrascoy. El Palmar (Murcia)
M ^a Angeles Delgado Martínez	IES Felipe de Borbón. Ceutí (Murcia)
Francisco Romero Ayala	IES El Carmen. Murcia
Jerónima Sánchez Morillas	IES Rambla de Nogalte. Puerto Lumbreras (Murcia)
Josefa Rubio Cascales	IES Pedro García Aguilera. Moratalla (Murcia)
Bruno Martiz Liza	IES San Juan Bosco. Lorca (Murcia)

Los centros educativos en los que se ha implementado la propuesta de enseñanza sobre los estados de agregación de la materia para 3º de ESO son el IES Felipe de Borbón (Ceutí, Murcia), IES El Carmen (Murcia), IES Rambla de Nogalte (Puerto Lumbreras, Murcia), IES Pedro García Aguilera (Moratalla, Murcia) e IES San Juan Bosco (Lorca, Murcia).

La presente publicación contempla una guía didáctica para el profesor en la que se revisan los fundamentos de la propuesta de enseñanza, para comprender el papel de las analogías en la construcción del conocimiento científico y, particularmente, en el proceso de modelización. Se explica el significado de la analogía, de sus elementos y de su estructura, así como el razonamiento analógico asociado a su utilización. Dado que las analogías pueden ser mediadoras en el aprendizaje científico, a priori, constituyen un recurso didáctico relevante en la enseñanza de las ciencias si se atiende a los resultados de las investigaciones que han visto la luz en los últimos años, que recomiendan la utilización de determinados modelos de enseñanza-aprendizaje, como los asumidos en este proyecto.

Lógicamente, la guía didáctica para el profesor incluye la propuesta de enseñanza que se ha implementado, en el contexto del currículo de 3º de E.S.O. Para ello, se explicitan los contenidos previos que han debido estudiar los alumnos y se delimita y justifica el contenido de la propuesta de enseñanza sobre los estados de agregación de la materia y los cambios de estado; a continuación, se presenta la secuencia de enseñanza, estructurada en cuatro fases (iniciación, desarrollo, aplicación y conclusión), mediante un programa guía de actividades donde se relatan los objetivos y el procedimiento didáctico para su desarrollo en el aula, con claras referencias al papel del profesor y de los alumnos. El desarrollo de la propuesta de enseñanza requiere diez sesiones de clase.

En esta publicación también se incluyen los materiales didácticos utilizados con los alumnos, concretamente, las hojas de trabajo con el tratamiento dado a las analogías en el aula y los cuestionarios para la evaluación de los aprendizajes.

En el apartado de conclusiones, se presentan las primeras valoraciones personales de los profesores y alumnos participantes sobre el desarrollo de la propuesta.

Por último, se aportan las principales referencias bibliográficas que han sustentado los dos proyectos de investigación e innovación antes mencionados acerca de las analogías.

Parte I:

Guía didáctica del profesor

I.1. Fundamentos de la propuesta de enseñanza

El estudio de la química requiere la interrelación de tres niveles de conocimiento acerca de la materia: el nivel macroscópico, el submicroscópico y el simbólico. Desde los primeros cursos de la educación secundaria, los alumnos deben progresar paralelamente en un conocimiento fenomenológico acerca de las propiedades y cambios de la materia -esencialmente descriptivo y observacional- junto a un conocimiento explicativo -en este caso interpretativo y basado en modelos sobre entidades no visibles como los átomos, moléculas, enlaces,..., lo que requiere el empleo de representaciones diversas como las fórmulas y ecuaciones químicas, partículas y redes cristalinas, diagramas de estado,..., que configuran el lenguaje simbólico propio de la química. El paso de un nivel a otro, y la necesaria relación que debe establecerse entre ellos, no es fácilmente percibida y comprendida por quienes aprenden, como se ha puesto de manifiesto en diferentes trabajos (Gabel, 1999; Valcárcel y otros, 2000; Caamaño, 2003; Sánchez y Valcárcel, 2003; entre otros).

Una dificultad añadida, sobre todo para los estudiantes más jóvenes, es la presentación en un tiempo demasiado breve de las diferentes teorías científicas escolares que habitualmente se presentan acerca de la materia en el nivel submicroscópico: la teoría cinética-corpúscular, la atómica, la atómico-molecular y la del enlace químico. Cada teoría establece relaciones de correspondencia entre los objetos (sólido, sustancia pura, mezcla...) y fenómenos (cambio de estado, dilatación, reacción química...) del nivel macro y los modelos idealizados que incluyen la existencia de entidades desconocidas (partículas, átomos, moléculas, enlaces...) en el nivel submicroscópico, lo que permite explicar y predecir el comportamiento fenomenológico. Sin duda, los aprendizajes que realicen los alumnos sobre estos contenidos son determinantes para poder adoptar una visión científica de la materia. Dicha visión requiere no sólo conocer los presupuestos de las diferentes teorías sino el desarrollo de estrategias de razonamiento que hagan posible el establecimiento de relaciones entre los tres niveles de conocimiento (macro, submicro y simbólico). Básicamente, dichas estrategias son de dos tipos: de razonamiento causal y de razonamiento analógico, siendo este último imprescindible para un aprendizaje comprensivo de las teorías y modelos acerca de la materia.

La investigación didáctica en química ha evidenciado que los resultados de aprendizaje sobre la estructura y composición de la materia, a pesar de su enseñanza reiterada a lo largo de la educación

secundaria, no son nada satisfactorios (Hierrezuelo y Montero, 1991; Llorens, 1991; Pozo y otros, 1991; Garnett y Hackling, 1995; Pozo y Gómez, 1998; Caamaño, 2003; Valcarcel y otros, 2005). Así, en general, los alumnos presentan:

- errores conceptuales frecuentes en la descripción macroscópica de la materia acerca de conceptos claves (estado de agregación, sustancia pura, compuesto químico, elemento químico, cambio de estado, cambio químico);
- escasa comprensión de las entidades conceptuales y de las relaciones que definen las diferentes teorías acerca de la composición y estructura de la materia (partícula, átomo, ion, molécula, electrón, enlace químico, sólido covalente, sólido cristalino, enlace iónico, energía reticula...), así como de las representaciones que se hacen de las mismas en el nivel simbólico;
- escasa capacidad para dar explicaciones a las propiedades características de la materia (nivel macroscópico) desde las teorías científicas escolares presentadas (nivel submicroscópico).

Dado que el aprendizaje de estos contenidos tiene un origen exclusivamente escolar, debe concluirse que las propuestas de enseñanza sobre las teorías escolares acerca de la materia resultan infructuosas para transmitir y generar en los alumnos el conocimiento químico deseable. La comprensión y utilización de las teorías sobre la estructura de la materia requiere que los alumnos participen más activamente en su reconstrucción y encuentren sentido a estos conocimientos. Para ello, desde hace más de dos décadas, se viene reclamando un mayor uso de actividades centradas en el uso de analogías al entender que pueden ofrecer las oportunidades necesarias, mediante el razonamiento analógico, para que los alumnos comprendan y encuentren sentido a las teorías escolares sobre la estructura de la materia (Duit, 1991; Dagher, 1995). Las analogías favorecen la visualización de conceptos teóricos y abstractos (sustancia pura, elemento químico, átomos, moléculas, enlace...) y activan las estrategias de razonamiento analógico, imprescindibles para comprender y dotar de sentido estos contenidos; también resultan claves para comprender mejor la naturaleza de la Ciencia (Lawson, 1993; Wong, 1993; Glynn, 1995).

Tamaño relativo del núcleo y del átomo

El experimento de Rutherford sugirió que el núcleo del átomo era algo así como 10^5 veces más pequeño que el diámetro del átomo mismo. Para dar una idea de esto imagina que si el átomo tuviera el tamaño de un estadio de fútbol, el núcleo, situado en el centro del césped, tendría el tamaño de un guisante.



Editorial Oxford. Física y Química. 3º ESO, pg. 5

Visualización de la estructura del átomo mediante una analogía que utiliza como análogo el estadio de fútbol y un guisante situado en el centro del césped.

El uso de analogías resulta coherente con una concepción del aprendizaje científico entendido como un proceso gradual y evolutivo que conlleva la modificación y reconstrucción de los modelos mentales de los estudiantes (Sanmartí, 2009). Las teorías científicas escolares sobre la materia postulan la existencia de entidades (partículas, átomos, moléculas, enlaces, redes, agregados,..) que deben ser vistas por los estudiantes como algo valioso para explicar y predecir sus propiedades y cambios. En torno a estas entidades abstractas se modeliza la realidad en una dimensión no perceptible, submicroscópica, pero que debe ser imaginada y reconstruida progresivamente con cada nueva teoría, integrando las diferentes entidades que incluye, para que esta dimensión de la realidad tenga sentido. El uso de analogías favorece la comprensión del proceso de modelización, así como la existencia de diferentes teorías y modelos para una misma entidad, un hecho clave para comprender la naturaleza de la ciencia. Por tanto, las primeras ideas que construyan los estudiantes acerca de estas entidades creemos que tienen una especial relevancia para dotar de sentido al aprendizaje científico.

“Las analogías favorecen la visualización de conceptos teóricos y abstractos (sustancia pura, elemento químico, átomos, moléculas, enlaces...) y activan las estrategias de razonamiento analógico, estrategias que son imprescindibles para comprender y dotar de sentido estos contenidos y para comprender mejor la naturaleza de la Ciencia” (Lawson, 1993; Wong, 1993; Glynn, 1995).

La analogía que se presenta en estas tres imágenes favorece la visualización de los orbitales atómicos como una región del espacio en la que la probabilidad de encontrar al electrón es alta, y favorece la comprensión de los números que designan el estado de dicho electrón y que especifican el valor de una propiedad: los números cuánticos. Para ello relaciona el número cuántico principal (n) con el tamaño de una casa, el número cuántico del momento angular (l) con la forma y el número cuántico magnético (m_l) con la orientación.

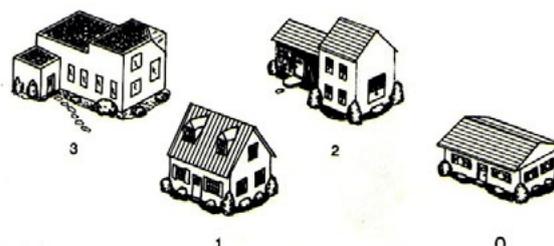
n Quantum Number

Size of House



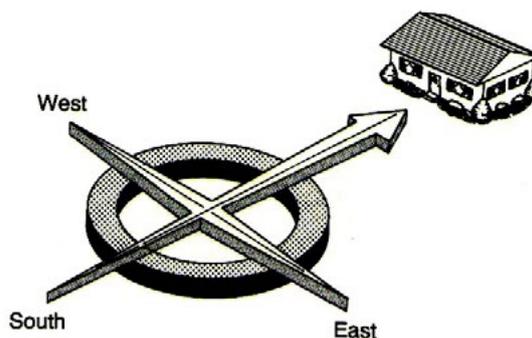
l Quantum Number

Shape of House



m_l Quantum Number

Orientation of the House

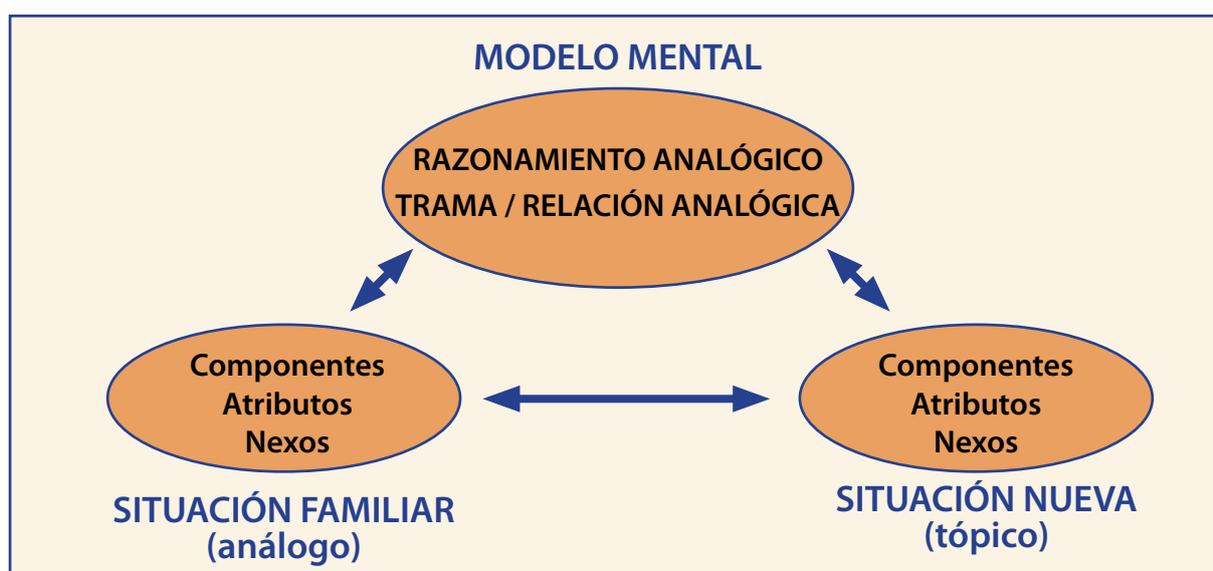


Journal Chemical Education, vol.70, nº1, pg. 649

Por ello, aunque las analogías puedan utilizarse en diferentes tópicos sobre la estructura y composición de la materia, nos parece deseable que los alumnos comiencen a utilizar las analogías en el estudio de los estados de agregación de la materia y la teoría cinético-molecular pues es la puerta de entrada a la dimensión submicroscópica de la materia y a los procesos de modelización.

Sin embargo, investigaciones precedentes están mostrando que la solución mediante analogías al problema de la construcción de modelos científicos no es fácil, pues comporta riesgos y dificultades (Coll y otros, 2005). Así, los alumnos pueden aprender el modelo en vez del concepto que se pretende ilustrar, pueden carecer de conciencia de los límites entre el modelo y la realidad que éste intenta representar, pueden interpretar de forma inadecuada la analogía cuando algunos atributos no guardan relación con el tópico, etc. La literatura disponible parece indicar que el grado de interacción entre el alumno y la analogía constituye un elemento clave en su eficacia del aprendizaje, y que tanto las dificultades como las posibles soluciones dependen en gran parte del modo en el que los profesores usen las analogías en sus clases. Por ello, resulta necesario tener respuestas a dos preguntas claves: ¿Qué cualidades debe tener una analogía para que sea utilizada por los profesores? ¿Cómo debe utilizar el profesor las analogías para que favorezca el aprendizaje de los alumnos?

Debe entenderse, en relación con la primera cuestión, que una analogía es un proceso en el que se compara y relaciona una situación familiar conocida (análogo) con otra nueva o desconocida (tópico). Esta comparación parece actuar como un puente que facilita la conexión entre el conocimiento adquirido previamente y lo que se pretende aprender (Reigeluth, 1983). En una investigación más amplia, González (2002) define las analogías desde un punto de vista estructural y diferencia los elementos (componentes, atributos y nexos) que caracterizan al análogo y al tópico, así como las relaciones que deben establecerse para activar el razonamiento. La siguiente figura muestra la estructura de la analogía resultante de dicha investigación:



El razonamiento analógico conlleva el establecimiento de una trama o relación entre el análogo y el tópico. La comparación puede hacerse entre cada elemento (componentes, atributos y nexos) pero no todas son pertinentes para establecer la trama analógica deseable; así, puede resultar inadecuada o insuficiente cuando sólo se atiende a los atributos, siendo necesario atender a los nexos, es decir, a la relación entre componentes y atributos, y decidir qué relaciones son relevantes en la analogía

que se está utilizando (González, 2002). Pero, cuando no se tiene un conocimiento suficiente sobre el tópico, no resulta fácil saber cuándo se debe parar al establecer la relación, produciéndose una transferencia inapropiada de conocimiento (Gentner, 1983). Por ello, en torno a un objeto de estudio, no todas las analogías tienen la misma utilidad didáctica.

En cuanto al segundo interrogante (¿cómo debe utilizar el profesor las analogías para que favorezca el aprendizaje de los alumnos?), aunque existe un interés creciente en nuestro contexto educativo como prueban algunos trabajos (Aragón y otros, 2005; Adúriz-Bravo y otros, 2005; Fernández y Elórtegui, 2005; Oliva, 2006), todavía son escasas las investigaciones sobre propuestas didácticas concretas que sean llevadas al aula. Incluso, en el contexto internacional, nos encontramos en un estadio incipiente pues la discusión se sitúa en la adecuación teórica de las estrategias de modelización atendiendo a fundamentos psicológicos, epistemológicos o didácticos, al carecer de resultados empíricos suficientes (Zook y Di Vesta, 1991; Oliva y otros, 2001, 2003; Thiele y Treagust, 1995; Glynn y otros, 1995; Galagovsky y Adúriz-Bravo, 2001; González, 2002; Coll y otros, 2005; Izquierdo y Adúriz-Bravo, 2005). Este trabajo pretende aportar alguna respuesta al interrogante planteado.

El diseño de la propuesta de enseñanza sobre los estados de agregación de la materia y, más concretamente, las actividades del programa guía donde los alumnos trabajan con analogías, se fundamenta en dos estrategias didácticas: Aprendizaje con Analogías, o modelo ACA (González, 2002) y Modelo Didáctico Analógico o modelo MDA (Galagovsky y Aduriz-Bravo, 2001), que se describen a continuación.

El modelo **ACA** (aprendizaje con analogías) contempla tres etapas para diseñar la propuesta de enseñanza:

A. Diseño del análogo.

El paso inicial es el diseño del análogo, lo que significa tener en cuenta cada uno de los requisitos siguientes:

- i) Diseño de un análogo atractivo e idóneo a la edad madurativa, conocimiento e intereses de los alumnos.
- ii) Reconocer el grado de semejanza que pueden establecer los alumnos entre el análogo y el tópico. Explorar la trama o relación analógica que puede resultar de la comparación entre ambos.
- iii) Analizar las dificultades que pueden surgir en el proceso de enseñanza-aprendizaje para que tenga lugar el razonamiento analógico apropiado. Es decir, las dificultades que pueden surgir al establecer las comparaciones entre la información relevante del análogo y del tópico, comparaciones que van a garantizar la idoneidad de la analogía.

B. Proceso de enseñanza-aprendizaje de la analogía con los alumnos.

El siguiente paso es el diseño de la intervención en el aula. Para ello, se propone trabajar la analogía del siguiente modo:

1. Introducir el tópico. Presentar a los alumnos el tópico, con sus características más relevantes. Esto debe permitir a los alumnos disponer de una representación mental del tópico.

2. Identificar las características relevantes del análogo. Orientar a los alumnos a la búsqueda, identificación y recuperación de la memoria (recordar lo que conocen) de un análogo familiar. Ayudar a la representación mental de un análogo que forme parte de sus experiencias cotidianas, resaltando sus características.
3. Establecer las comparaciones entre el análogo y el tópico. El análogo debe ser convincente, esto es, que presente una relación analógica plausible con el tópico y, por lo tanto, un análogo del que se tiene total seguridad de su similitud con el tópico.
4. Identificar las limitaciones de la analogía. Se propone hacer ver al alumno los campos de validez de las comparaciones establecidas, destacando casos límite para los que no es factible la extrapolación de la analogía. Se pueden explicitar las limitaciones de la analogía en un intento de garantizar que no se transfiera conocimiento irrelevante entre el análogo y el tópico.

C. Evaluación de la analogía.

Por último, es muy importante reflexionar sobre la influencia que puede tener en el aprendizaje del alumno diferentes aspectos relacionados con el contexto en el que se presenta y utiliza la analogía durante la secuencia de enseñanza. En este sentido, González (2002) identifica las siguientes variables contextuales: localización de la analogía en la secuencia (¿fase inicial, desarrollo o final?), forma de presentación (¿verbal, pictórica o mixta?), orientación analógica (¿... se asemeja a, ...es similar a, ..?), posición del análogo respecto al tópico (¿antes, durante o después?), nivel de abstracción del análogo y tópico (¿concreto-concreto, concreto-abstracto, abstracto-abstracto?), tipo de relación analógica (¿estructural, funcional, estructural-funcional?), nivel de enriquecimiento de la analogía (¿relación simple entre análogo y tópico, relación enriquecida, relación enriquecida con limitaciones?) y multiplicidad de la analogía (¿uno o varios análogos?). Estas variables contextuales pueden tanto limitar el razonamiento analógico de los alumnos como posibilitar diversas formas de utilización en el aula. No debe olvidarse que por muy alta que sea la semejanza entre el análogo y el tópico, nunca será total y siempre existirán limitaciones en la analogía que pueden llevar al alumno a transferir conocimiento no deseable desde el análogo al tópico. Por ello, si no se atiende a las variables del contexto, es probable que los alumnos adquieran conclusiones erróneas sobre el tópico científico.

En definitiva, con la evaluación de la analogía es posible evitar la transferencia de conocimiento no deseable desde el análogo hacia el tópico y optimizar el proceso enseñanza-aprendizaje basado en analogías

El modelo **MDA** (modelo didáctico analógico) centra la atención en el proceso de enseñanza-aprendizaje y comprende cuatro momentos:

- Momento anecdótico: la analogía se presenta en forma de juego, o de problema, con consignas que los estudiantes deberán resolver. Cada estudiante, o pequeño grupo, encuentra una forma particular, idiosincrásica de resolver las consignas. En la puesta en común, el rol docente no es señalar respuestas correctas sino garantizar la comunicación entre las diversas propuestas de los estudiantes.
- Momento de conceptualización sobre la analogía: es la búsqueda de consensos sobre cuáles fueron los conceptos fundamentales trabajados en la resolución del problema

analógico. Se negocian significaciones, se introduce vocabulario preciso, se elabora conjuntamente un listado de elementos de la información analógica que, luego, tendrán su correspondencia con la información científica destino. Se arma una primera columna de la tabla de correlación conceptual (TCC).

- Momento de correlación conceptual: los estudiantes deben procesar la información científica encontrándole significado y comprensión por comparación con los significados ya aprendidos para la información analógica. Ellos completan la TCC.
- Momento de metacognición: cada estudiante toma conciencia sobre los conceptos conectores que construyó, los conceptos erróneos que descartó y las nuevas relaciones aprendidas. Se discuten los alcances y las limitaciones de la analogía.

Para diseñar la propuesta de enseñanza sobre los estados de agregación de la materia se han seguido las tres etapas del modelo ACA pero, con la finalidad de que el alumno vaya progresando en autonomía durante el proceso de razonamiento analógico, también se ha utilizado el modelo MDA al diseñar el proceso de enseñanza-aprendizaje (etapa B); así, primero siguiendo el modelo ACA, se presentan las analogías para los estados sólido, líquido y gas, y segundo, se utiliza el modelo MDA para los cambios de estado de la materia. En cualquier caso, las estrategias didácticas utilizadas para el tratamiento de todas las analogías que incluye la propuesta de enseñanza son coherentes con un enfoque constructivista del aprendizaje del alumno pues debe activar sus conocimientos iniciales, compartir y negociar significados con otros alumnos y el profesor, aplicar los nuevos conocimientos y revisar lo aprendido.

Resaltar que, durante el diseño de la secuencia de enseñanza, se han tenido muy en cuenta las variables contextuales señaladas por González (2002) pues, como ya se ha dicho, pueden condicionar la utilidad del razonamiento analógico de los alumnos para comprender el tópico científico (modelo cinético particular) y las relaciones entre los tres niveles de la materia (macro, micro y simbólico). Concretamente, las decisiones sobre las variables contextuales han sido:

- las analogías se localizan durante la fase de desarrollo de la secuencia de enseñanza;
- el formato de presentación de las analogías es pictórico-verbal para los estados de agregación;
- las analogías se presentan simultáneamente al tópico para los estados de agregación, y el grado de razonamiento analógico en el análisis de la analogía va en aumento a medida que se aborda cada uno de dichos estados. Para explicar los cambios de estado es el alumno el que, con la mediación del profesor, construye la analogía;
- el nivel de abstracción para todas las analogías es concreto (análogo)-abstracto (tópico);
- la relación analógica promovida, también en todos los casos, ha sido estructural-funcional, es decir, con una alta semejanza entre análogo y tópico tanto en su estructura (componentes, atributos, nexos) como en su semántica (masa, tamaño, distancia, orden, movimiento, etc.);
- el nivel de enriquecimiento ha sido alto, dado que la comparación entre análogo y tópico ha precisado tanto semejanzas (explicaciones) como diferencias (limitaciones);
- por último, también la multiplicidad ha sido alta, dado que se han utilizado cuatro análogos (batallón militar, celebración de una fiesta, partido de fútbol y clase de educación física) para un solo tópico (modelo cinético-particular).

I.2. Propuesta de enseñanza: selección y análisis de contenidos

La propuesta de enseñanza que presentamos forma parte del Bloque 3 de contenidos de Física y Química de 3º de ESO que figura en el Decreto 291/2007, de 14 de Septiembre, que establece el currículo de la Educación Secundaria Obligatoria en la Comunidad Autónoma de la Región de Murcia. Se trata de los contenidos relacionados con la “Diversidad y unidad de estructura de la materia”, concretamente, los epígrafes siguientes:

- **La materia y sus estados de agregación: sólido, líquido y gaseoso**

- **Teoría cinética y cambios de estado**

Dichos contenidos están presentes en los currículos de Física y Química de la educación básica, con independencia del marco legal, pues introducen al alumno en el conocimiento químico de la materia. Aunque la teoría cinética molecular obvia la composición atómica de las partículas, no deja de ser un contenido deseable para introducir a los alumnos en el mundo de la química pues permite diferenciar y establecer relaciones entre los niveles macro, micro y simbólico de la materia. El nivel macro al abordar las propiedades comunes a cada estado de agregación (tener o no forma y volumen propio) y las semejanzas y diferencias en su comportamiento por efecto de la presión y temperatura (difusión, compresión, dilatación); el nivel micro al postular la naturaleza discontinua de la materia para explicar dicho comportamiento, ofreciendo un modelo que reconoce la existencia de partículas (modelo cinético corpuscular o particular, según autores) y describe, a través de presupuestos teóricos (partículas que son extremadamente pequeñas, que ocupan posiciones fijas en sólidos, que están muy juntas en los sólidos, que sólo vibran en los sólidos, etc.) su comportamiento dinámico en función de su agregación; y el nivel simbólico al tener necesariamente que visualizar el modelo, para comprender las explicaciones que se dan al comportamiento macroscópico desde en nivel microscópico.

Sin embargo, las relaciones entre el nivel macro y micro de la materia no suelen abordarse en la mayoría de las propuestas de enseñanza de modo suficiente y explícito, y menos aún las relaciones con el nivel simbólico; así, las diferencias que se establecen en las propiedades comunes al estado de agregación, y las semejanzas y diferencias en el comportamiento macroscópico de sólidos, líquidos y gases, no se interpretan de modo explícito desde los postulados del modelo cinético particular y las diferentes estructuras que resultan a nivel microscópico, posiblemente, porque los profesores conocen las dificultades de aprendizaje que tiene para los alumnos, pues les exige una capacidad de abstracción que no dispone la mayoría. La propuesta de enseñanza que presentamos, utilizando analogías, tiene como finalidad facilitar estas relaciones, haciendo más comprensivo el aprendizaje de estos contenidos. Las analogías favorecen que los alumnos, que están en la transición entre pensamiento concreto y abstracto, puedan visualizar el modelo cinético particular, comprender mejor sus presupuestos y establecer relaciones con las propiedades y comportamiento de sólidos, líquidos y gases.

La propuesta de enseñanza comienza con el estudio de los estados de agregación, por tanto, obvia algunos conceptos iniciales en el estudio de la materia que resultan conveniente hayan sido abordados previamente; por tanto, serían prerequisites para mejorar el aprendizaje sobre los contenidos propios de la propuesta. A continuación, se señalan cuáles son los contenidos que los alumnos han debido estudiar previamente con las recomendaciones didácticas correspondientes:

- **Concepto de materia.** La primera aproximación al concepto de materia debería hacerse a través de su identificación en palabras concretas (Plastilina. Presión. Madera. Cristal. Agua.

Dolor. Cobre. Alcohol. Aire. Butano. Calor. Colonia. Papel. Plástico. Granito. Color. Temperatura.). Todas tienen un significado construido por otras personas, que compartimos o podemos compartir, pero sólo algunas son materia. La mayor parte de las cosas que identificamos como materia son fácilmente percibidas por nuestros sentidos. Se trata, primero, de reconocer que no todos los objetos o fenómenos que conocemos son materia; y segundo, definirla de modo operativo a través de sus propiedades generales en el nivel macroscópico.

- **Concepto de sistema material.** El estudio de la materia, de sus propiedades y cambios como resultado de diferentes interacciones, requiere delimitar una porción de la misma a la que llamamos sistema material. Se trata de abordar el estudio de la materia (concepto abstracto) a partir de sistemas materiales concretos (sistema 1: un cubito de hielo; sistema 2: cubito de hielo + vaso cristal; sistema 3: cubito de hielo + vaso de cristal + aire de habitación;...), más o menos complejos, que se delimitan en función de los problemas que se quieren plantear.
- **Concepto de propiedad general de la materia.** Tras la identificación de la materia por su diferencia sensorial con lo que no es materia, debe identificarse operativamente asignándoles propiedades generales a cualquier sistema material que se vaya a estudiar; en el nivel macroscópico son suficientes la masa, el volumen y la temperatura. Aunque no sea habitual referirse a la temperatura al introducir el concepto de materia, es conveniente hacerlo antes del estudio de la agregación de la materia; se recomienda trabajar con la balanza y la probeta para medir masas y volúmenes de sólidos, de líquidos y, si es posible, de gases, así como hacer medidas de temperatura de líquidos con el termómetro. Es importante que los alumnos comprendan que los gases tienen masa, volumen y temperatura, por tanto, que también son materia pues, a esas edades, algunos alumnos le asignan un carácter inmaterial. Se deben trabajar los conceptos de magnitud y unidad de medida, primero, con medidas directas de magnitudes (masa, volumen y temperatura) y, segundo, con medidas indirectas (cálculo de volumen de sólido regular a partir de medida de longitudes; cálculo del volumen de sólido irregular por medida con probeta del líquido desplazado). También debería comprobarse la conservación de masa y volumen en cambios de forma de sólidos y líquidos.
- **Concepto de diversidad de la materia.** Frente al reconocimiento de la unidad de la materia a nivel macroscópico, a través de sus propiedades generales, es necesario reconocer su diversidad como consecuencia de tres hechos: la agregación (sólidos, líquidos y gases), la composición (mezclas y sustancias puras) y las fases (homogénea y heterogénea). Dichos hechos constituyen criterios de clasificación que permiten identificar a los sistemas materiales asignándoles las correspondientes categorías; un puñado de arena es una mezcla sólida heterogénea; el agua de una botella mineral es una mezcla líquida homogénea; etc. Es importante que los alumnos entiendan que son criterios diferentes para identificar los sistemas materiales y, también, que para comprender mejor la diversidad de la materia debemos conocer el significado de cada criterio y categoría.
- **Concepto de propiedad específica de la materia.** Es conveniente diferenciar otras propiedades conocidas por los alumnos (color, olor, densidad, solubilidad, elasticidad, etc.) de las propiedades generales, destacando la variabilidad de las propiedades específicas en función de la composición de la materia. También, la importancia de las mismas para identificar en el nivel macroscópico si el sistema material es una mezcla o una sustancia pura, o si el fenómeno que

se estudia conlleva un cambio químico o físico en la materia. Se trataría de que los alumnos identifiquen la presencia o ausencia de una sustancia pura ante cambios cotidianos como los cambios de forma, cambios de estado, mezclas, ..., mediante el reconocimiento de sus propiedades específicas antes y después del cambio.

Una vez explicitado el referente curricular y los prerrequisitos de aprendizaje, corresponde delimitar y justificar el contenido de enseñanza relacionado con los estados de agregación y los cambios de estado. Dicho contenido es el que se muestra a continuación:

CONTENIDOS

1. Estados de agregación: sólidos, líquidos y gases

- 1.1. Propiedades comunes a cada estado de agregación
- 1.2. Dependencia de la agregación de la materia con presión y temperatura
- 1.3. Sistemas materiales prototipos y no-prototipos

2. Comportamiento macroscópico de los gases

- 2.1. Fenómeno de difusión
- 2.2. Fenómenos de compresión y expansión
- 2.3. Fenómenos de dilatación y contracción

3. Comportamiento macroscópico de sólidos y líquidos

- 3.1. Semejanzas y diferencias entre sólidos, líquidos y gases (fenómenos de difusión, compresión y dilatación)
- 3.2. Relación entre el comportamiento macroscópico y las propiedades comunes a cada estado

4. Cambios de estado de la materia: descripción macroscópica

- 4.1. Identificación de los diferentes cambios: fusión, solidificación, vaporización, condensación, sublimación y sublimación regresiva
- 4.2. Reversibilidad de los cambios de estado y permanencia de las sustancias
- 4.3. Temperaturas de cambio de estado: propiedad específica de las sustancias puras

5. Interpretación microscópica de la materia: Modelo Cinético-Particular

- 5.1. Presupuestos del Modelo Cinético-Particular
- 5.2. Interpretación microscópica de sólidos, líquidos y gases

6. Uso de analogías para analizar el nivel microscópico de los estados de agregación y cambios de estado de la materia

- 6.1. Análisis de semejanzas y diferencias entre el nivel microscópico y el análogo
 - 6.1.1. Analogía del estado sólido: batallón militar
 - 6.1.2. Analogía del estado líquido: pista de baile
 - 6.1.3. Analogía del estado gaseoso: partido de fútbol
 - 6.1.4. Analogía de cambios de estado: clase de educación física

7. Relación entre el nivel macro, micro y simbólico de la materia

- 7.1. Niveles de estudio de la materia
- 7.2. Análisis de nuevos fenómenos: el embudo que no cuela, la gota de aceite que flota y el líquido que sube por el tubo
 - 7.2.1. Descripción, en términos de propiedades, de los estados de agregación
 - 7.2.2. Interpretación desde el Modelo Cinético-Particular
 - 7.2.3. Representación simbólica

CONTENIDOS

7.3. Gráficas de cambio de estado

- 7.3.1. Identificación de puntos de fusión / congelación y ebullición / condensación
- 7.3.2. Relaciones calor, temperatura y energía interna en los diferentes tramos de la gráfica
- 7.3.3. Relaciones entre el movimiento, fuerzas de cohesión y separación de las partículas

Como puede apreciarse, el contenido de enseñanza incluye diferentes analogías (batallón militar, pista de baile, partido de fútbol y clase de educación física) que, valga la redundancia, son consideradas contenidos de enseñanza. Conviene recordar que la selección de estas analogías no es arbitraria, sino el resultado de un análisis previsto en el modelo ACA. Dado que la capacidad de razonamiento analógico está determinada por las posibles relaciones que puedan establecerse entre análogo y tópico, se ha realizado un análisis del contenido de las analogías previo al diseño de la propuesta de enseñanza para decidir sobre su adecuación, introducir modificaciones y derivar implicaciones para la enseñanza. Siguiendo el modelo estructural (Figura 3), el análisis ha requerido:

- a) identificar los sistemas que se comparan: análogo y tópico;
- b) diferenciar los elementos que intervienen en la comparación: componentes, atributos y nexos;
- c) establecer la trama analógica o relaciones entre análogo y tópico.

En el análisis, para completar el posible razonamiento analógico, se ha tenido en cuenta que las relaciones entre análogo y tópico deben contemplar tanto las semejanzas como diferencias, por ello, el análisis también incluye las limitaciones de la analogía.

El análisis, cuyo resultado se presenta más adelante, se ha realizado sobre los siguientes sistemas:

1. El Modelo Cinético-Particular de la materia.
2. El batallón militar para el estado sólido.
3. La celebración de una fiesta para el estado líquido.
4. El partido de fútbol para el estado gaseoso.
5. La clase de educación física para el cambio de estado.

En cada caso, el análisis ha supuesto la discusión y consenso del significado atribuido a los elementos que constituyen la estructura de la analogía, su aplicación a los sistemas señalados y la triangulación de resultados entre los investigadores.

En relación con los resultados del análisis realizado, nos interesa destacar los siguientes hechos:

- Se han concretado y formulado los presupuestos del modelo cinético particular que se utiliza en la propuesta de enseñanza (Cuadro 1a), así como el análisis estructural del tópico científico (Cuadro 1b).
- Se han redefinido los sistemas análogos que se habían seleccionado para el estado sólido, líquido y gas, aunque sin modificar la imagen pictórica, y completado el análisis estructural de cada análogo (Cuadros 2a, 3a y 4a).

- Se han definido las relaciones analógicas entre los diferentes análogos seleccionados y el modelo cinético particular (Cuadros 2b, 3b, 4b).
- Se ha generado un nuevo análogo, clase de educación física, y completado el análisis estructural (Cuadro 5a) y las relaciones analógicas con el tópico para explicar los cambios de estado (Cuadro 5b).

A continuación, se presentan el resultado del análisis de cada uno de los sistemas considerados.

Cuadro 1a. Presupuestos teóricos del tópico

MODELO CINÉTICO-PARTICULAR

Toda la materia está formada por partículas y entre ellas el espacio está vacío, es decir, entre ellas no hay nada. Son tan pequeñas que no pueden verse con el microscopio más potente. Son distintas para cada sustancia pura, diferenciándose en masa y volumen.

Las partículas están en continuo movimiento intrínseco, llamado agitación térmica. Puede ser de traslación, de rotación y vibración. El movimiento tiende a desordenar las partículas y es responsable de la disgregación de la materia. Es decir, cuanto mayor es el movimiento de las partículas su desorden es mayor.

La temperatura está relacionada con el movimiento intrínseco de las partículas. Cuanto mayor es la temperatura mayor es el movimiento de las partículas.

Las partículas están sujetas a interacciones o fuerzas de cohesión con otras. Pueden ser fuertes, débiles y extremadamente débiles, prácticamente inexistentes. Las fuerzas de cohesión tienden a ordenar las partículas en determinadas posiciones. Es decir, cuanto mayor son las fuerzas entre las partículas el orden de estas es mayor.

La disposición de las partículas en sólidos, líquidos y gases es el resultado de su movimiento y de las interacciones.

El movimiento en los gases (movimiento de traslación, rotación y vibración) es de mayor intensidad que en los líquidos (traslación, rotación y vibración) y mucho menor en los sólidos (sólo vibración).

Las fuerzas de cohesión en los sólidos son fuertes, mucho mayores que en los líquidos, que son débiles, y prácticamente inexistentes en los gases.

En el caso de los gases las partículas están bastante alejadas en comparación con su tamaño. La distancia media aproximada entre partículas, en condiciones normales, es diez veces el tamaño de la partícula. En el caso de líquidos y sólidos la distancia entre partículas es similar y mucho menor que en los gases, aproximadamente igual de grande que el tamaño de una partícula.

En los gases las partículas no ocupan posiciones fijas, están desordenadas y se mueven al azar vibrando, rotando y trasladándose en todas direcciones. En los líquidos las partículas tampoco ocupan posiciones fijas, están desordenadas, aunque menos que los gases, y se mueven al azar, igual que en los gases, pero con menor intensidad. En los sólidos las partículas ocupan posiciones fijas, están ordenadas y no tienen movimiento de traslación ni rotación, sólo vibración.

Cuadro 1b. Análisis estructural del tópico

MODELO CINÉTICO-PARTICULAR

Sistema. *Es el objeto de estudio:*

Materia, sustancia pura, sólido, líquido y gas

Componentes. *Son los elementos que configuran el sistema:*

Partículas

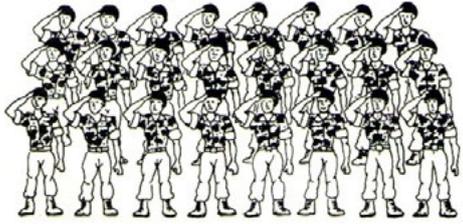
Atributos. *Son propiedades o características de los componentes o del sistema:*

- Toda la materia está formada por partículas.
- Entre las partículas el espacio está vacío, es decir, entre ellas no hay nada.
- Las partículas son tan pequeñas que no pueden verse con el microscopio más potente.
- Las partículas son distintas para cada sustancia pura, diferenciándose en su masa y volumen.
- Las partículas están en continuo movimiento intrínseco, llamado agitación térmica.
- Las partículas están sujetas a interacciones o fuerzas de cohesión con otras.

Nexos. *Son relaciones entre los componentes y sus atributos:*

- El movimiento puede ser de traslación, de rotación y vibración.
- El movimiento tiende a desordenar las partículas y es responsable de la disgregación de la materia. Es decir, cuanto mayor es el movimiento de las partículas el desorden es mayor.
- La temperatura está relacionada con el movimiento intrínseco de las partículas. Cuanto mayor es la temperatura mayor es el movimiento de las partículas.
- Las fuerzas de cohesión entre partículas pueden ser fuertes, débiles y extremadamente débiles, prácticamente inexistentes.
- Las fuerzas de cohesión tienden a ordenar las partículas en determinadas posiciones. Es decir, cuanto mayor son las fuerzas entre las partículas el orden de estas es mayor.
- La disposición –posición, orden y distancia- de las partículas en sólidos, líquidos y gases es el resultado de su movimiento y de las interacciones.
- El movimiento en los gases (movimiento de traslación, rotación y vibración) es de mayor intensidad que en los líquidos (traslación, rotación y vibración) y mucho menor en los sólidos (sólo vibración).
- Las fuerzas de cohesión en los sólidos son fuertes, mucho mayores que en los líquidos, que son débiles, y prácticamente inexistentes en los gases.
- En el caso de los gases, las partículas están bastante alejadas en comparación con su tamaño. La distancia media aproximada entre partículas, en condiciones normales, es diez veces el tamaño de la partícula.
- En el caso de líquidos y sólidos, la distancia entre partículas es similar y mucho menor que en los gases, aproximadamente igual de grande que el tamaño de una partícula.
- En los gases las partículas no ocupan posiciones fijas, están desordenadas y se mueven al azar vibrando, rotando y trasladándose en todas direcciones.
- En los líquidos las partículas no ocupan posiciones fijas, están desordenadas, aunque menos que en los gases, y se mueven al azar, igual que en los gases, pero con menor intensidad.
- En los sólidos las partículas ocupan posiciones fijas, están ordenadas y no tienen movimiento de traslación ni rotación, sólo vibración.

Cuadro 2a. Análisis estructural del análogo del estado sólido
BATALLÓN MILITAR

<p>Sistema. <i>Es el objeto de estudio:</i></p>	<div style="text-align: center;"> <h2>Solids (Military Unit)</h2>  <p>Small Distance Between Molecules</p> <ul style="list-style-type: none"> • Rigid • No Disorder • No Random Motion <p><i>Journal Chemical Education, vol. 70, nº 1, pg. 56</i></p> </div>
<p>Batallón militar en formación.</p>	
<p>Componentes. <i>Son los elementos que configuran el sistema:</i></p>	
<p>Soldados</p>	
<p>Atributos. <i>Son propiedades o características de los componentes o del sistema:</i></p>	
<ul style="list-style-type: none"> • Todos los batallones militares están formados por soldados. • Entre soldado y soldado, en formación, no hay nadie. • Los soldados son personas de tamaño grande. • Los soldados tienen masa y volumen, es decir, ocupan un espacio. • Todos los soldados de un batallón llevan el mismo uniforme. • Los soldados están obligados a permanecer en formación y saludar. • Los soldados, sin romper la formación, pueden moverse. 	
<p>Nexos. <i>Son relaciones entre los componentes y sus atributos:</i></p>	
<ul style="list-style-type: none"> • Los soldados en formación ocupan posiciones fijas y están ordenados en filas. • Los soldados en formación sólo se balancean, no pueden desplazarse ni girar. • La obligación de los soldados de permanecer en formación es muy grande. • La distancia entre soldados es pequeña, aproximadamente igual a su anchura. • La distancia entre soldado y soldado en formación es igual. 	

Cuadro 2b. Trama analógica para el estado sólido

	ANÁLOGO	TÓPICO
SISTEMA <i>Es el objeto de estudio</i>	Batallón militar en formación	Materia: estado sólido
COMPONENTES <i>Son los elementos que configuran el sistema</i>	Personas: soldados	Partículas
ATRIBUTOS <i>Son propiedades o características de los componentes o del sistema</i>	Todos los batallones militares están formados por soldados.	Todos los sólidos están formados por partículas.
	Entre soldado y soldado, en formación, no hay nadie.	Entre las partículas el espacio está vacío.
	Los soldados son personas de tamaño grande.	Las partículas son tan pequeñas que no pueden verse.
	Los soldados tienen masa y ocupan un espacio.	Las partículas tienen masa y ocupan un espacio.
	Todos los soldados de un batallón llevan el mismo uniforme.	Todas las partículas de una sustancia pura son iguales.
	Los soldados, sin romper la formación, pueden moverse.	Las partículas están en continuo movimiento intrínseco, llamado agitación térmica.
	Los soldados están obligados a permanecer en formación y saludar.	Las partículas están sujetas a interacciones o fuerzas de cohesión con otras.
NEXOS <i>Son relaciones entre los componentes y sus atributos</i>	Los soldados en formación ocupan posiciones fijas y están ordenados en filas.	En los sólidos las partículas ocupan posiciones fijas y están ordenadas.
	Los soldados en formación sólo se balancean, no pueden desplazarse ni girar.	El movimiento en los sólidos es sólo de vibración, no se trasladan ni rotan.
	La distancia entre soldados es pequeña, aproximadamente igual a su anchura.	La distancia entre partículas es muy pequeña, aproximadamente igual su tamaño.
	La distancia entre soldado y soldado en formación es igual.	La distancia entre partículas en el sólido es igual.
	La obligación de los soldados de permanecer en formación es muy grande.	Las fuerzas de cohesión entre las partículas en los sólidos son fuertes.
LIMITACIONES <i>Precisan diferencias en las relaciones entre tópicos y análogo</i>	<ul style="list-style-type: none"> • Al contrario que las partículas de una sustancia pura, los soldados de un batallón no son iguales ni tienen la misma masa y volumen. • Entre los soldados existe aire; la ausencia de soldados representa el vacío. • Aunque puedan oscilar, los soldados deben estar quietos; el sistema no representa el movimiento continuo de las partículas. • En el batallón no existe un efecto similar al de la temperatura sobre el movimiento de las partículas; aunque, el cansancio podría tener efecto sobre el movimiento y relacionarse con la temperatura. • Al contrario que las partículas de una sustancia pura, que están distribuidas en tres dimensiones, los soldados en formación se distribuyen en dos dimensiones. 	

Cuadro 3a. Análisis estructural del análogo del estado líquido

FIESTA

Sistema. *Es el objeto de estudio:*

Celebración de una fiesta.

Componentes. *Son los elementos que configuran el sistema:*

Personas: amigas o conocidas.

Atributos. *Son propiedades o características de los componentes o del sistema:*

- A una celebración acuden personas amigas o conocidas.
- Todas las personas son diferentes: hombres, mujeres, adolescentes, niños...
- Las personas tienen masa y volumen.
- Las personas tienen diferentes tamaños: altos, bajos, delgados...
- Las personas en la fiesta interactúan: se buscan, saludan, hablan, tocan...
- Las personas pueden moverse dentro de la fiesta.

Liquids (Reunion Party)

Small Distances
Between Molecules



- Flowing
- Much Disorder
- Some Random Motion

Journal Chemical Education, vol. 70, nº 1, pg. 56

Nexos. *Son relaciones entre los componentes y sus atributos:*

- La distancia entre las personas, aunque variable, suele ser pequeña.
- Las personas se mueven de diferente manera: andan, giran y balancean.
- Las personas en la fiesta pueden moverse en todas direcciones.
- Las personas al moverse van cambiando su posición dentro de la sala de fiesta.
- Las personas no ocupan posiciones fijas durante la fiesta.
- Las personas se encuentran con cierto desorden dentro de la fiesta.

Cuadro 3b. Trama analógica para el estado líquido

	ANÁLOGO	TÓPICO
SISTEMA <i>Es el objeto de estudio</i>	Celebración de una fiesta	Materia: estado líquido
COMPONENTES <i>Son los elementos que configuran el sistema</i>	Personas amigas o conocidas	Partículas
ATRIBUTOS <i>Son propiedades o características de los componentes o del sistema</i>	A una celebración acuden personas amigas o conocidas.	Todos los líquidos están formados por partículas.
	Todas las personas son diferentes: hombres, mujeres, adolescentes, niños...	Las partículas son distintas para cada sustancia pura.
	Las personas tienen diferentes tamaños: altos, bajos, delgados...	Las partículas son iguales en una misma sustancia pura y son tan pequeñas que no pueden verse.
	Las personas tienen masas y volumen.	Las partículas tienen masa y volumen.
	Las personas en la fiesta interactúan: se buscan, saludan, hablan, tocan...	Las partículas están sujetas a interacciones o fuerzas de cohesión con otras.
	Las personas pueden moverse dentro de la fiesta.	Las partículas están en continuo movimiento intrínseco, llamado agitación térmica.
NEXOS <i>Son relaciones entre los componentes y sus atributos</i>	La distancia entre las personas, aunque variable, suele ser pequeña.	En el caso de los líquidos, la distancia entre partículas es similar, aproximadamente igual de grande que el tamaño de una partícula.
	Las personas se mueven de diferente manera: andan, giran y balancean.	El movimiento de las partículas puede ser de traslación, rotación y vibración.
	Las personas en la fiesta se pueden mover en todas direcciones.	El movimiento de las partículas puede ser de traslación, rotación y vibración.
	Las personas al moverse van cambiando de posición dentro de la fiesta.	El movimiento de las partículas tiende a desordenarlas y es responsable de la disgregación de la materia.
	Las personas no ocupan posiciones fijas durante la fiesta.	En los líquidos las partículas no ocupan posiciones fijas, están desordenadas.
	Las personas se encuentran con cierto desorden dentro de la fiesta.	En los líquidos las partículas no ocupan posiciones fijas, están desordenadas.
LIMITACIONES <i>Precisan diferencias en las relaciones entre tópico y análogo</i>	<ul style="list-style-type: none"> • Al contrario que las partículas de una sustancia pura, las personas que asisten a la fiesta no son iguales. • A diferencia de las partículas en el estado líquido, la distancia entre dos personas es variable y desigual. • No existe entre las personas la obligación de permanecer en la fiesta próximas entre sí, a diferencia de las partículas como consecuencia de las fuerzas de cohesión. • El movimiento de las personas no varía por ninguna causa directa, mientras que el de las partículas sí: lo hacen por el efecto de la temperatura. 	

Cuadro 4a. Análisis estructural del análogo del estado gaseoso
PARTIDO DE FÚTBOL

<p>Sistema. <i>Es el objeto de estudio:</i></p>	<div style="text-align: center;"> <h2>Gases (Soccer Game)</h2> <p>Large Distances Between Molecules</p>  <ul style="list-style-type: none"> • Diffusion • Much Disorder • Much Random Motion <p><i>Journal Chemical Education, vol. 70, nº 1, pg. 56</i></p> </div>
<p>Partido de fútbol.</p>	
<p>Componentes. <i>Son los elementos que configuran el sistema:</i></p>	
<p>Personas: futbolistas.</p>	
<p>Atributos. <i>Son propiedades o características de los componentes o del sistema:</i></p>	
<ul style="list-style-type: none"> • Un partido se disputa entre futbolistas de dos equipos. • Los jugadores de un mismo equipo llevan igual vestimenta (camiseta, pantalones...), menos el portero. • Los futbolistas tienen masa y volumen; ocupan un espacio en el campo. • Durante el partido, los futbolistas interactúan: pasan balón, se desmarcan, chocan entre sí..., siguen una táctica de juego. • Los jugadores se mueven continuamente dentro del campo. 	
<p>Nexos. <i>Son relaciones entre los componentes y sus atributos:</i></p>	
<ul style="list-style-type: none"> • Los futbolistas pueden moverse de diferente forma: andan, corren, giran, saltan, driblan... • Los jugadores pueden moverse en todas direcciones por el campo. • Los jugadores van cambiando su posición durante el partido. • La posición de los jugadores en el campo parece desordenada. • La distancia entre dos jugadores es variable, desde muy juntos hasta muy separados. • Para la mayoría de los jugadores, la separación entre ellos es muy superior a su tamaño. 	

Cuadro 4b. Trama analógica para el estado gaseoso

	ANÁLOGO	TÓPICO
SISTEMA <i>Es el objeto de estudio</i>	Partido de fútbol	Materia: estado líquido
COMPONENTES <i>Son los elementos que configuran el sistema</i>	Jugadores o futbolistas	Partículas
ATRIBUTOS <i>Son propiedades o características de los componentes o del sistema</i>	Un partido se disputa entre futbolistas de dos equipos.	Todos los gases están formados por partículas.
	Los jugadores de un mismo equipo llevan igual vestimenta (camiseta, pantalones...), menos el portero.	Las partículas son distintas para cada sustancia pura.
	Los futbolistas tienen masa y volumen; ocupan un espacio en el campo.	Las partículas tienen masa y volumen.
	Durante el partido, los futbolistas interactúan: pasan balón, se desmarcan, chocan entre sí..., siguen una táctica de juego.	Las partículas establecen interacciones o fuerzas de cohesión con otras.
	Los jugadores se mueven continuamente dentro del campo.	Las partículas están en continuo movimiento intrínseco, llamado agitación térmica.
NEXOS <i>Son relaciones entre los componentes y sus atributos</i>	Los futbolistas pueden moverse de diferente forma: andan, corren, giran, saltan, driblan...	El movimiento de las partículas puede ser de traslación, rotación y vibración.
	Los jugadores pueden moverse en todas direcciones por el campo.	El movimiento de las partículas puede ser de traslación, en todas direcciones.
	Los jugadores van cambiando su posición durante el partido.	En los gases las partículas no ocupan posiciones fijas, están desordenadas.
	La posición de los jugadores en el campo parece desordenada.	En los gases las partículas no ocupan posiciones fijas, están desordenadas y se mueven al azar en todas direcciones.
	La distancia entre dos jugadores es variable, desde muy juntos hasta muy separados.	En los gases las partículas están bastante alejadas en comparación con su tamaño. La distancia media aproximada entre partículas, en condiciones normales, es diez veces el tamaño de la partícula.
	Para la mayoría de los jugadores, la separación entre ellos es muy superior a su tamaño.	En los gases las partículas están bastante alejadas en comparación con su tamaño. La distancia media aproximada entre partículas, en condiciones normales, es diez veces el tamaño de la partícula.

Cuadro 4b. Trama analógica para el estado gaseoso

LIMITACIONES

Precisan diferencias en las relaciones entre tópico y análogo

- Al contrario que en las partículas de una sustancia pura, los jugadores en el campo pertenecen a dos equipos diferentes. Además, entre ellos tampoco son iguales.
- Al contrario que en las partículas de un gas, la interacción entre jugadores es muy grande: corren tras la pelota, chocan, se empujan, defienden o atacan juntos...
- A diferencia de las partículas del gas, que se mueven al azar, el movimiento de los jugadores varía por diferentes causas: la proximidad del balón, la posibilidad de gol, el estilo de cada futbolista, el cansancio...

Cuadro 5a. Análisis estructural del análogo de los cambios de estado
CLASE DE EDUCACIÓN FÍSICA

Sistema. *Es el objeto de estudio:*

Clase de Educación Física: pista de deportes donde se realizan diferentes actividades (tabla de gimnasia, aeróbic y patinaje libre)

Componentes. *Son los elementos que configuran el sistema:*

Personas: futbolistas.

Atributos. *Son propiedades o características de los componentes o del sistema:*

- La clase está formada por un número determinado de alumnos y un profesor.
- Entre alumno y alumno no hay nadie. Existe aire por tanto no hay vacío .
- Los alumnos tienen un tamaño grande y visible.
- Los alumnos de una clase son del mismo curso, aunque diferentes entre si: chicos, chicas, edad, altura, peso . . .
- Los alumnos tienen masa y volumen, es decir, ocupan un espacio .
- Los alumnos pueden moverse dentro de la pista del pabellón.
- Los alumnos modifican su movimiento con el ritmo de la música que suena .
- Los alumnos interactúan entre si: hablan, tocan, miran... y deben seguir las indicaciones del profesor.

Nexos. *Son relaciones entre los componentes y sus atributos:*

- Los alumnos pueden moverse balanceándose, girando, saltando y trasladándose.
- El movimiento de los alumnos aumenta el desorden y hace que se vayan dispersando por el pabellón.
- El ritmo de la música hace que los alumnos se muevan de diferente forma y rapidez. A mayor ritmo mayor movimiento.
- Las indicaciones del profesor pueden tener mayor o menor firmeza. Puede dar muchas instrucciones para realizar la actividad y exigir que los alumnos las sigan (máxima disciplina) hasta dar muy pocas y dejar que actúen los alumnos (mínima disciplina). La realización de cada actividad requiere un número de instrucciones diferentes, muchas para realizar conjuntamente la tabla de gimnasia o pocas para que los alumnos patinen libremente.
- Las indicaciones del profesor tienden a mantener a los alumnos con cierto orden, ocupando determinadas posiciones en el pabellón.: cuanto mayor es la firmeza de las instrucciones del profesor los alumnos se mantienen más ordenados.
- La posición, orden y distancia de los alumnos durante la clase es el resultado de su mayor o menor movimiento (ritmo de la música) y de las instrucciones del profesor (tipo de actividad).
- El movimiento de los alumnos durante la actividad de patinaje es de mayor intensidad que durante el aeróbic y mucho mayor que durante la gimnasia.
- La actividad de gimnasia requiere mayores instrucciones que la de aeróbic y prácticamente ninguna el patinaje.
- En el patinaje los alumnos suelen estar bastante alejados en comparación con su tamaño. En general, la distancia entre ellos es varias veces su tamaño.
- En aeróbic y gimnasia los alumnos suelen estar a una distancia similar y mucho menor que en el patinaje. La separación es aproximadamente igual a la longitud de sus brazos estirados.
- En patinaje los alumnos se distribuyen por toda la pista del pabellón sin ocupar posiciones fijas y moviéndose en todas direcciones trasladándose, girando, saltando y balanceándose.
- En aeróbic los alumnos pueden modificar sus posiciones haciendo balanceos, giros, saltos y desplazamientos, aunque de menor intensidad que en el patinaje.
- En gimnasia los alumnos ocupan posiciones fijas, mantienen un orden y no se trasladan ni realizan rotaciones, sólo mueven partes de su cuerpo (brazos y piernas) se balancean y saltan.

Cuadro 5b. Trama analógica para los cambios de estado de agregación

	ANÁLOGO	TÓPICO
SISTEMA <i>Es el objeto de estudio</i>	Clase de Educación Física: pista de deportes donde se realizan diferentes actividades (tabla de gimnasia, aeróbic y patinaje libre).	Materia: materia, sustancia pura, sólido, líquido y gas.
COMPONENTES <i>Son los elementos que configuran el sistema</i>	Alumnos, Profesor	Partículas
ATRIBUTOS <i>Son propiedades o características de los componentes o del sistema</i>	La clase está formada por un número determinado de personas: muchos alumnos y un profesor.	Todos los gases están formados por partículas.
	Entre alumno y alumno no hay nadie, existe aire, por tanto no hay vacío.	Entre las partículas el espacio está vacío, es decir, entre ellas no hay nada.
	Los alumnos tienen un tamaño grande y visible.	Las partículas son tan pequeñas que no pueden verse con el microscopio más potente.
	Los alumnos de una clase son del mismo curso, aunque diferentes entre sí: chicos, chicas, edad, altura, peso...	Las partículas de una sustancia pura son todas iguales y diferentes a las de otra sustancia pura.
	Los alumnos tienen masa y volumen, es decir, ocupan un espacio.	Las partículas tienen masa y volumen, es decir, aunque muy pequeñas ocupan un espacio.
	Los alumnos pueden moverse dentro de la pista del pabellón y modifican su movimiento con el ritmo de la música que suena.	Las partículas están en continuo movimiento intrínseco, llamado agitación térmica.
	Los alumnos interactúan entre sí: hablan, tocan, miran... y deben seguir las indicaciones del profesor.	Las partículas establecen interacciones o fuerzas de cohesión con otras.
NEXOS <i>Son relaciones entre los componentes y sus atributos</i>	Los alumnos pueden moverse balanceándose, girando, saltando y trasladándose.	El movimiento puede ser de traslación, de rotación y vibración.
	El movimiento de los alumnos aumenta el desorden y hace que se vayan dispersando por el pabellón.	El movimiento tiende a desordenar las partículas y es responsable de la disgregación de la materia. Es decir, cuanto mayor es el movimiento de las partículas el desorden es mayor..
	El ritmo de la música hace que los alumnos se muevan de diferente forma y rapidez. A mayor ritmo mayor movimiento.	La temperatura está relacionada con el movimiento intrínseco de las partículas. Cuanto mayor es la temperatura mayor es el movimiento de las partículas.

Cuadro 5b. Trama analógica para los cambios de estado de agregación

NEXOS (cont.)	Las indicaciones del profesor pueden tener mayor o menor firmeza. Puede dar muchas instrucciones para realizar la actividad y exigir que los alumnos las sigan (máxima disciplina) hasta dar muy pocas y dejar que actúen los alumnos (mínima disciplina). La realización de cada actividad requiere un número de instrucciones diferentes, muchas para realizar conjuntamente la tabla de gimnasia o pocas para que los alumnos patinen libremente.	Las fuerzas de cohesión entre partículas pueden ser fuertes, débiles y extremadamente débiles, prácticamente inexistentes.
	Las indicaciones del profesor tienden a mantener a los alumnos con cierto orden, ocupando determinadas posiciones en el pabellón. Cuanto mayor es la firmeza de las instrucciones del profesor los alumnos se mantienen más ordenados.	Las fuerzas de cohesión tienden a ordenar las partículas en determinadas posiciones. Es decir, cuanto mayor son las fuerzas entre las partículas el orden de éstas es mayor.
	La posición, orden y distancia de los alumnos durante la clase es el resultado de su mayor o menor movimiento (ritmo de la música) y de las instrucciones del profesor (tipo de actividad).	La disposición –posición, orden y distancia- de las partículas en sólidos, líquidos y gases es el resultado del movimiento y de las interacciones.
	El movimiento de los alumnos durante la actividad de patinaje es de mayor intensidad que durante el aeróbic y mucho mayor que durante la gimnasia.	El movimiento en los gases (movimiento de traslación, rotación y vibración) es de mayor intensidad que en los líquidos (traslación, rotación y vibración) y mucho menor en los sólidos (sólo vibración).
	La actividad de gimnasia requiere mayores instrucciones que la de aeróbic y prácticamente ninguna el patinaje.	Las fuerzas de cohesión en los sólidos son fuertes, mucho mayores que en los líquidos, que son débiles, y prácticamente inexistentes en los gases.
	En el patinaje los alumnos suelen estar bastante alejados en comparación con su tamaño. En general, la distancia entre ellos es varias veces su tamaño.	En el caso de los gases las partículas están bastante alejadas en comparación con su tamaño. La distancia media aproximada entre partículas, en condiciones normales, es diez veces el tamaño de la partícula.
	En aeróbic y gimnasia los alumnos suelen estar a una distancia similar y mucho menor que en el patinaje. La separación es aproximadamente igual a la longitud de sus brazos estirados.	En el caso de líquidos y sólidos la distancia entre partículas es similar y mucho menor que en los gases, aproximadamente igual de grande que el tamaño de una partícula.
	En patinaje los alumnos se distribuyen por toda la pista del pabellón sin ocupar posiciones fijas y moviéndose en todas direcciones trasladándose, girando, saltando y balanceándose.	En los gases las partículas no ocupan posiciones fijas, están desordenadas y se mueven al azar vibrando, rotando y trasladándose en todas direcciones.

Cuadro 5b. Trama analógica para los cambios de estado de agregación

NEXOS (cont.)	En aeróbic los alumnos pueden modificar sus posiciones haciendo balanceos, giros, saltos y desplazamientos, aunque de menor intensidad que en el patinaje.	En los líquidos las partículas no ocupan posiciones fijas, están desordenadas, aunque menos que los gases, y se mueven al azar, igual que en los gases, pero con menor intensidad.
	En gimnasia los alumnos ocupan posiciones fijas, mantienen un orden y no se trasladan ni realizan rotaciones, sólo mueven partes de su cuerpo (brazos y piernas) se balancean y saltan.	En los sólidos las partículas ocupan posiciones fijas, están ordenadas y no tienen movimiento de traslación ni rotación sólo vibración.
LIMITACIONES <i>Precisan diferencias en las relaciones entre tópico y análogo</i>	<ul style="list-style-type: none"> • El profesor, que forma parte de la clase, es un componente sin correspondencia en el MCP . • Los alumnos ocupan un espacio pero también el aire que existe entre ellos. • Los alumnos son grandes y visibles, al contrario que las partículas. • La identidad de los alumnos de una clase no es la misma, al contrario que las partículas en una sustancia pura. • El movimiento de los alumnos, en todas las actividades, ocurre en un espacio bidimensional . • El movimiento de los alumnos, en cualquier caso, no es al azar sino responde a las reglas de cada actividad (gimnasia, aeróbic, patinaje) mediadas por las indicaciones del profesor. 	

I.3. Propuesta de enseñanza: secuencia de actividades

I.3.1. Introducción

El estudio de los estados de agregación de la materia y los cambios de estado mediante el uso de analogías se concreta en la secuencia de enseñanza que recoge este documento. Se trata de una propuesta de enseñanza que está estructurada en 4 fases diferenciadas por su intencionalidad didáctica, es decir, por las tareas que debe realizar el alumno y el profesor, a las que denominamos fase de iniciación, de desarrollo, de aplicación y de conclusión.

En la fase de iniciación la intencionalidad didáctica es orientar a los alumnos en relación con los nuevos contenidos, captar su interés y detectar las ideas previas y su nivel de conocimientos. Los contenidos se introducen significativamente durante la fase de desarrollo, y los alumnos deben ser capaces de utilizar los conocimientos aprendidos en diversas situaciones durante la fase de aplicación. La fase de conclusión pretende que los alumnos reflexionen sobre todo el trabajo realizado, es decir, sobre lo que se ha estudiado, cómo se ha estudiado y qué se ha aprendido durante la secuencia de enseñanza.

La propuesta incluye una secuencia de 12 actividades para ser desarrolladas, en principio, en 10 sesiones de clase. La extensión de cada una de las actividades no es equivalente sino que está determinada por el contenido que debe desarrollar, así, por ejemplo, las actividades 3 y 4 requieren una sesión, mientras que la actividad 7 requiere más de una sesión de clase. En el cuadro adjunto se muestra el contenido de cada actividad, la fase de la secuencia a que corresponde y la asignación temporal.

En el siguiente apartado (1.3.2), se describe cada una de las actividades de la secuencia de enseñanza, concretando la sesión en que se desarrolla, sus objetivos y el procedimiento didáctico para su desarrollo; además, se incluye un apartado, llamado "Observación", con recomendaciones didácticas y reflexiones sobre el sentido de la actividad. Por tanto, se trata de una guía del profesor para aquellos que deseen llevar al aula la propuesta de enseñanza de modo completo y tal como se ha diseñado.

Además de la guía del profesor, la propuesta de enseñanza incluye las hojas de trabajo de los alumnos diseñadas para trabajar los contenidos específicos de las analogías, es decir, los recogidos en las actividades 7, 8 y 9 (Parte II). En ellas se puede constatar un tratamiento diferenciado para cada analogía, con la finalidad de que el alumno vaya ganando autonomía y progresando en su capacidad de razonamiento analógico; así, el tratamiento de la analogía del estado sólido es muy dirigido en todo momento, mientras que la analogía del cambio de estado queda abierta a la invención de los alumnos. Dicho tratamiento responde al propósito de integrar en esta propuesta de enseñanza los planteamientos del modelo de Aprendizaje Con Analogías y del Modelo Didáctico Analógico.

Por último, respecto a la duración de la propuesta, conviene indicar que el número de sesiones previsto debe entenderse de modo flexible pues, tal como ha ocurrido con los profesores participantes en este proyecto, puede verse condicionado por sus circunstancias docentes y características del grupo de alumnos.

SECUENCIA DE ACTIVIDADES: CONTENIDO	FASE	SESIÓN	
1. Estados de agregación: sólidos, líquidos y gases 1.1. Propiedades comunes al estado de agregación 1.2. Dependencia de la agregación de la materia con presión y temperatura 1.3. Diferencia entre prototipos y no-prototipos	Fase de Iniciación: Actividad 1	1 ^a	
	Fase de Desarrollo: Actividad 2		
2. Comportamiento macroscópico de los gases 2.1. Fenómeno de difusión 2.2 Fenómenos de compresión y expansión 2.3 Fenómenos de dilatación y contracción	Actividad 3	2 ^a	
3. Comportamiento macroscópico de sólidos y líquidos 3.1. Semejanzas y diferencias entre sólidos, líquidos y gases (fenómenos de difusión, compresión y dilatación) 3.2. Relación entre el comportamiento macroscópico y las propiedades comunes a cada estado	Actividad 4		
4. Cambios de estado de la materia: descripción macroscópica 4.1. Identificación de los diferentes cambios: fusión, solidificación, vaporización, condensación, sublimación y sublimación regresiva 4.2. Reversibilidad de los cambios de estado 4.3. Permanencia de las sustancias 4.4 Descripción de la fusión y solidificación de la cera de una vela 4.5. Descripción de la sublimación y sublimación regresiva del yodo	Actividad 5	3 ^a	
4.6. Efecto de la temperatura 4.7. Temperaturas de cambio de estado. Constancia de la temperatura 4.8. Temperaturas de cambio de estado. Propiedad específica de las sustancias puras	Actividad 6		
5. Interpretación microscópica de la materia: Modelo Cinético-Particular 5.1. Presupuestos del Modelo Cinético-Particular 5.2. Interpretación microscópica de sólidos, líquidos y gases	Actividad 7	4 ^a / 5 ^a	
6. Uso de analogías para analizar el nivel microscópico de los estados de agregación y cambios de estado de la materia 6.1. Análisis de semejanzas y diferencias entre el nivel microscópico y el análogo 6.1.1. Analogía del estado sólido: batallón militar			
6.1.2. Analogía del estado líquido: pista de baile 6.1.3. Analogía del estado gaseoso: partido de fútbol		Actividad 8	5 ^a / 6 ^a
6.1.4. Analogía de cambios de estado: clase de educación física		Actividad 9	7 ^a / 8 ^a
7. Relación entre el nivel macro, micro y simbólico de la materia 7.1. Niveles de estudio de la materia 7.2. Análisis de nuevos fenómenos: el embudo que no cuele, la gota de aceite que flota y el líquido que sube por el tubo 7.2.1. Descripción, en términos de propiedades, de los estados de agregación 7.2.2. Interpretación desde el Modelo Cinético-Particular 7.2.3. Representación simbólica	Fase de Aplicación: Actividad 10	8 ^a / 9 ^a	
7.3. Gráficas de cambio de estado 7.3.1. Identificación de puntos de fusión / congelación y ebullición / condensación 7.3.2. Relaciones calor, temperatura y energía interna en los diferentes tramos de la gráfica 7.3.3. Relaciones entre el movimiento, fuerzas de cohesión y separación de las partículas	Actividad 11	9 ^a / 10 ^a	
8. Revisión del estudio de la materia: estados de agregación y cambios de estado 8.1. Qué hemos estudiado 8.2. Cómo lo hemos estudiado 8.3. Qué hemos aprendido 8.4. Qué opinión tenemos sobre el uso de las analogías	Fase de Conclusión: Actividad 12	10 ^a	

I.3.2. Desarrollo de la secuencia de actividades de enseñanza

Sesión 1

Actividad 1. ¿Qué sabemos sobre los estados de agregación?

Objetivos:

- Presentar el estudio de los estados de agregación de la materia.
- Plantear interrogantes sobre los estados de agregación.
- Resaltar qué saben los alumnos sobre los conceptos: sólido, líquido y gas.

Desarrollo:

1º) El profesor ofrece ejemplos de objetos cotidianos que incluyan diferencias entre sólidos, líquidos y gases (piedras, guijarros y arena; alimentos que se mastican y se beben, bebidas sin gas y con gas, plásticos rígidos y flexibles, colchonetas hinchables, líquidos que huelen . . .). Se puede referir al agua para resaltar que en la naturaleza la podemos encontrar en los tres estados. Plantea la necesidad de ordenar lo que sabemos sobre la materia y propone como primera opción clasificar la materia según el estado en el que se presenta: sólido, líquido o gaseoso. Se puede aprovechar este momento para insistir en la diferencia entre criterio y categoría, de manera que comprendan el proceso de clasificación.



2º) Seguidamente se les pide a los alumnos que, en grupos de 2 ó 3, identifiquen algunas sustancias distintas que se presentan en estado sólido; se pueden pedir 3, 4 ó 5. Lo mismo con los líquidos. Lo mismo con los gases. Se les pide que piensen qué tienen en común todos los sólidos, qué tienen en común todos los líquidos y qué tienen en común todos los gases.



Observación:

Dado que estamos en la fase de iniciación, se debería dejar que trabajen ellos solos sin intervenir; es posible que tengan dificultades tanto para seleccionar sólidos, líquidos y/o gases, así como para identificar las semejanzas; se puede recordar la diferencia entre propiedades generales y específicas, y plantear que estamos identificando propiedades comunes a cada estado de agregación; si es necesario, se debe dirigir la atención hacia la forma y volumen como propiedades a estudiar para establecer semejanzas).



3º) A continuación realizaremos la puesta en común. Se recogen las dificultades que han tenido los alumnos para identificar ejemplos y las semejanzas que establecen. Tras la puesta en común, el profesor plantea los objetivos que tiene el estudio de los estados de agregación en las siguientes sesiones:

- Profundizar en qué significan los conceptos de sólido, líquido y gas, a través de un mejor conocimiento de las propiedades comunes a cada estado de agregación
- Profundizar en los cambios de estado de la materia
- Buscar un modelo microscópico sobre la naturaleza de la materia que nos permita explicar la existencia de los tres estados y cómo ocurren los cambios de estado

Observación:

Dado que estamos en la fase de iniciación, se debería centrar la puesta en común en las dificultades encontradas y en las diferencias y semejanzas entre los distintos grupos. También en la importancia de progresar en el conocimiento de la materia a través de modelos teóricos que nos permitan ver la materia que nos rodea, objetos y materiales cotidianos, desde la perspectiva que ofrece la ciencia.

Sesión 1

Actividad 2. Propiedades comunes a sólidos, líquidos y gases

Objetivos:

- Generalizar, a nivel macroscópico, los conceptos de sólido, líquido y gas.
- Considerar la dependencia del estado de agregación de sustancias cotidianas con la presión y la temperatura.
- Establecer diferencias, a nivel macroscópico, entre los estados sólido, líquido y gas, atendiendo a sus propiedades comunes: tener o no forma y volumen propio.

Desarrollo:

1º) El profesor se refiere a los ejemplos prototipos que hayan utilizado en la actividad anterior. A nivel macroscópico, explica el significado de agregación de la materia y los estados ordinarios (sólidos, líquidos y gases) y extraordinarios (plasma y condensado de Bose-Einstein), en función del rango de presión y temperatura a la que se encuentre la materia. Centra la atención en los estados de agregación ordinarios y en las propiedades comunes a cada estado (forma y volumen). También en cómo las condiciones de presión y temperatura hacen que la misma materia pueda presentarse en diferentes estados: ejemplo agua en la naturaleza. Preguntando a los alumnos, se identifican las tres sustancias que les muestra:

Sustancia	Estado	Masa	Volumen	Forma propia
Metal				
Agua				
Lodo				

Observación:

Se puede explicar la agregación utilizando alguna analogía para ir entrenando mentalmente al alumno: la materia se puede juntar o separar, tener una alta o baja agregación (estar muy agregada significa estar muy junta) al igual que las personas cuando van a una manifestación se pueden poner muy juntas, regular o poco juntas; la manifestación no se ve igual, la materia tampoco se ve igual, depende que cómo esté de agregada vemos a un sólido, a un líquido o a un gas.

2º) El profesor se refiere a las sustancias que han causado problemas de identificación en la actividad anterior por no responder a prototipos. También a otros ejemplos de sólidos, líquidos y gases que no hayan sido utilizados en la actividad anterior (sólidos polvo: harina; sólidos blandos: gelatina, mantequilla; líquidos viscosos: miel, aceite; gases invisibles: monóxido carbono, butano...). El profesor aclara que cuando se analizan las diferencias entre sólidos, líquidos y gases por sus propiedades comunes (tener o no tener forma y volumen propios) no siempre es fácil reconocer de qué se trata. Pide a los alumnos que individualmente piensen a qué categoría pertenecen las sustancias que ha seleccionado y puesto dentro de los recipientes (aceite de oliva, bola de hierro, aire, limadura de hierro, alcohol, azúcar, óxido de nitrógeno, miel). Después, en grupo, que discutan sus ideas y completen la tabla.

Sustancia	Sólido	Líquido	Gas	Porque
Aceite oliva				
Bola de hierro				
Aire				
Limaduras de hierro				
Alcohol				
Azúcar				
Óxidos de nitrógeno				
Miel				

Observación:

En las dos situaciones anteriores, sería conveniente llevar todas las sustancias dentro de recipientes cerrados, justificado para limitar visualmente los límites del sistema material que estudiamos. Hay que preparar los materiales antes de la clase, especialmente, el yodo y los óxidos de nitrógeno. Se pueden utilizar esos o algún otro de los materiales señalados: añadiría algún polvo como arena o harina. Otra opción es preparar sólo los no conocidos.

- 3º) El profesor cierra la actividad poniendo en común las respuestas de los distintos grupos. Destaca la diversidad dentro de sólidos, dentro de los líquidos y de los gases, en función de la forma y el volumen que tengan; también cómo una misma sustancia (agua, mantequilla, yodo. . .) puede tener una agregación diferente, en función de la temperatura y presión.

Observación:

La diferencia entre prototipos y no prototipos puede servir para explicar que la ciencia construye una realidad a través de sus teorías conceptos, por eso hablamos de la perspectiva de la ciencia. Puede ser un anticipo conveniente para cuando entremos en el nivel microscópico porque los alumnos interpretan los modelos como realidades tangibles u ocultas pero reales.

Con los conceptos de sólido, líquido y gas pretendemos describir e interpretar la realidad pero no siempre es fácil pues la realidad muy a menudo no encaja como a nosotros nos gustaría. Las diferencias entre ejemplos no prototipos y prototipos en sólidos, líquidos o gases (como sólidos en polvo o muy blandos, líquidos muy viscosos que apenas fluyen, etc.) debe servir también para insistir en que la clasificación de la materia en los tres estados se hace atendiendo a criterios como la forma (fija o no) cuando no existen más interacción sobre ellos que la gravitacional, excluyendo, por tanto, la aplicación de otras fuerzas sobre ellos. Lo mismo para el hecho de que tengan o no volumen propio, sin la existencia de otras interacciones como el calor, presión, etc. En cualquier caso, la ciencia utiliza clasificaciones atendiendo a criterios que nos permiten ordenar los objetos o materiales en categorías, siempre que cumplan los criterios que las definen, por lo que podríamos encontrar algún sistema material, no cotidiano para el alumno, fuera de cualquiera de esas categorías.

Sesión 2

Actividad 3. Comportamiento macroscópico de gases

Objetivos:

- Proponer experiencias que muestren el comportamiento de los gases: difusión, compresión, dilatación.
- Establecer relaciones entre el comportamiento macro de los gases con propiedades comunes del estado de agregación.

Desarrollo:

1º) El profesor se refiere a la importancia histórica que tuvo el estudio de los gases para conocer la naturaleza de la materia por encima de sus diferencias (propiedades generales de sólidos, líquidos y gases). Destaca el interés de estudiar algunos fenómenos (difusión, compresión y dilatación) que ponen de manifiesto semejanzas y diferencias entre sólidos, líquidos y gases. Señala a los alumnos que va a realizar tres experiencias para comprobar cómo se comportan los gases.

2º) El profesor explica en qué consiste el fenómeno de la difusión: la difusión ocurre cuando olemos una colonia, una flor o algo pestilente. La materia, el gas que olemos, se mueve debido a la diferencia de concentración dentro del recipiente que contiene el gas (cuando se abre un frasco de colonia el perfume se mueve por la habitación, el perfume de una flor se mueve por la atmósfera). La velocidad a la que se mueve el gas depende del tipo de gas y de la temperatura que tiene el gas.

- El profesor pide a los alumnos que presten atención: En un matraz o erlenmeyer, pone unos cristales de yodo en el fondo, se tapa y calienta suavemente. (También pueden unirse dos recipientes con un tubo, comprobando la difusión del gas con independencia de la posición de los recipientes. Si el recipiente vacío está por debajo, observar el movimiento del gas hacia abajo es una experiencia inusual y contraejemplo de que los gases siempre se elevan).

• Los alumnos deberían:

- Realizar observaciones del sistema en tres momentos diferentes: inicio, intermedio y final.
- Describir las observaciones señalando la presencia/ausencia del gas en el recipiente (se puede prescindir o considerar la presencia del aire).
- Explicar los cambios del sistema (recipiente + gas) macroscópicamente refiriéndose a las propiedades comunes al estado gaseoso: ni forma ni volumen propio.
- Se ponen en común las observaciones, descripciones y explicaciones de los alumnos. El profesor concluye señalando la relación entre el comportamiento del gas y las propiedades comunes del estado gaseoso.



3º) El profesor explica el fenómeno de la compresión y expansión de un gas. La compresión ocurre cuando un gas disminuye su volumen al aumentar la presión que se ejerce, por ejemplo, cuando reducimos el tamaño de un globo empujando o estrangulando parte del globo. La expansión al revés, aumenta el volumen al disminuir la presión (al dejar de apretar el globo recupera el tamaño inicial).

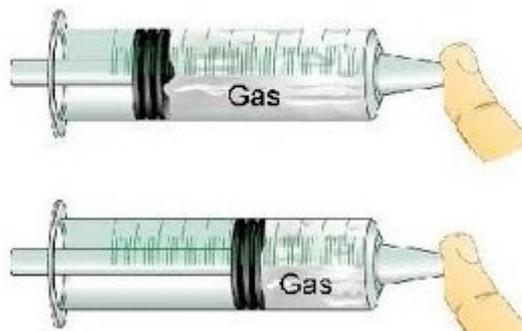
Observación:

La expansión y/o compresión se debe considerar que ocurre a temperatura constante para diferenciarla del fenómeno de dilatación. Es frecuente utilizar todos estos términos como sinónimos, algo que debería evitarse.

- El profesor pide a los alumnos que presten atención: Se recoge el yodo sublimado en la experiencia anterior con una jeringuilla grande (10 ml) para observar el cambio de coloración asociado al fenómeno. Hay que comprimir hasta comprobar que la reducción de volumen tiene un límite. Los alumnos pueden replicar la experiencia con jeringuillas iguales pero con aire para percibir que la compresión no es ilimitada, es decir, el gas opone una resistencia a ser comprimido a partir de un determinado volumen.

• Los alumnos deberían:

- Realizar observaciones del sistema en dos o tres momentos diferentes: inicio, intermedio y final.
- Describir las observaciones señalando el volumen ocupado por el gas y su relación con la variación de presión.
- Explicar los cambios del sistema (recipiente + gas) en términos de propiedades comunes al estado gaseoso: ni forma ni volumen propio (explicación macroscópica).



- Se ponen en común las observaciones, descripciones y explicaciones de los alumnos. El profesor concluye señalando la relación entre el comportamiento del gas y las propiedades comunes del estado gaseoso. De nuevo se comprueba que el gas no tiene volumen propio, sino que ocupa el volumen del recipiente que lo contiene; el gas, como materia, ocupa un espacio y es impenetrable.

Observación:

En un recipiente cerrado y de volumen variable (jeringa con émbolo), la presión se ejerce bajando y subiendo el émbolo. En esta situación, dado que simultáneamente se disminuye o aumenta el volumen del recipiente que contiene el gas, el alumno puede centrar su atención en este mecanismo (al hacer fuerza se reduce intencionadamente el volumen que puede ocupar el gas), obviando que el gas no tiene volumen propio y por ello se puede reducir el espacio ocupado. Por ello es importante, que el gas sea coloreado para relacionar la intensidad del color con el hecho de que ocupe un menor o mayor espacio, es decir, tenga un menor o mayor volumen.

4º) El profesor explica el fenómeno de la dilatación y contracción de un gas. La dilatación es el aumento de volumen del gas como consecuencia del aumento de temperatura. Un balón de plástico puesto al sol durante un rato, además de calentarse, se hincha; aumenta su temperatura y su volumen. Para mostrar el fenómeno, el gas debe estar encerrado en un recipiente flexible; cuando las paredes del recipiente son rígidas, al aumentar la temperatura aumenta la presión del gas.

- El profesor pide a los alumnos que presten atención: Una botella con aire cerrada con un globo puede servir para comprobar la dilatación del gas. Inicialmente el globo se encuentra desinflado, pero cuando calentamos la botella, por ejemplo al baño maría, el globo se infla. (Otros montajes son un erlenmeyer con globo en un mechero a fuego moderado; un erlenmeyer con salida lateral con dos globos en un mechero para que sirva como contraejemplo a que el globo se infla porque el aire sube).
- Si se realiza como experiencia de cátedra, los alumnos deberían:
 - Realizar observaciones del sistema en dos o tres momentos diferentes: inicio, intermedio y final.
 - Describir las observaciones señalando el estado del globo y su relación con el aumento de temperatura.
 - Explicar los cambios del sistema (botella + globo + aire) en términos de propiedades comunes al estado gaseoso: ni forma ni volumen propio (explicación macroscópica).
- Se ponen en común las observaciones, descripciones y explicaciones de los alumnos. El profesor concluye señalando la relación entre el comportamiento del gas y las propiedades comunes del estado gaseoso.

Sesión 2

Actividad 4. Comportamiento macroscópico de sólidos y líquidos

Objetivos:

- Discutir semejanzas y diferencias entre el comportamiento de gases, líquidos y sólidos acerca de los fenómenos de difusión, compresión y dilatación.
- Establecer relaciones entre el comportamiento macro de sólidos, líquidos y gases con propiedades comunes a cada estado de agregación.

Desarrollo:

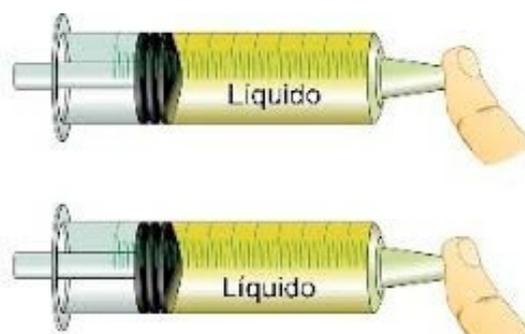
1º) Profesor: En relación con estos tres fenómenos (difusión, compresión y dilatación), pregunta y discute con los alumnos:

- Difusión. Semejanzas y diferencias en el comportamiento de sólidos y líquidos respecto a gases. Identificar o presentar evidencias sobre el comportamiento semejante de líquidos y gases (fluidos). Explicación macro: no tener forma propia.

Observación:

Los fenómenos de difusión de sólidos o líquidos en líquidos (ej. tinta en agua) no proporcionan modelos adecuados para el estudio de los estados de agregación dado que el comportamiento del sistema es el resultado de las interacciones materia-materia: deben obviarse.

- Compresión. Semejanzas y diferencias en el comportamiento de sólidos y líquidos respecto a gases. Identificar o presentar evidencias sobre el comportamiento diferente de líquidos y sólidos. Explicación macro: tener volumen propio.
- Dilatación. Semejanzas y diferencias en el comportamiento de sólidos y líquidos respecto a gases. Identificar o presentar evidencias sobre comportamiento semejante de sólidos, líquidos y gases. Explicación macro: todos tienen un volumen (espacio ocupado) que depende de la temperatura.



2º) Profesor: Concluye la actividad resumiendo la relación entre los fenómenos de difusión y compresión de la materia con la forma y volumen como propiedades de los estados de agregación. Señala el comportamiento y propiedades comunes a gases y líquidos, y a líquidos y sólidos. También el comportamiento común de sólidos, líquidos y gases respecto a la dilatación. Plantea que detrás de las diferencias debe haber algo en común; recuerda las propiedades generales y adelanta que tendremos mejores explicaciones cuando veamos cómo es la materia en el nivel microscópico.

Sesión 3

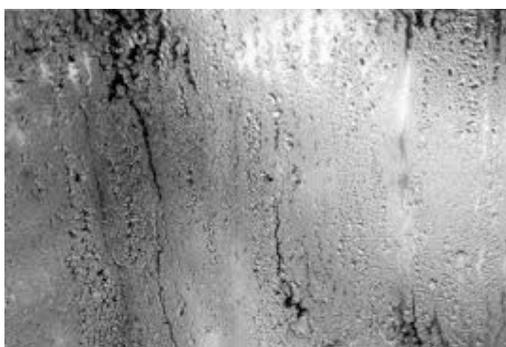
Actividad 5. Cambios de estado de la materia (I)

Objetivos:

- Describir los distintos cambios de estado de la materia.
- Proponer experiencias que muestren la reversibilidad de los cambios de estado de la materia, y la permanencia de la identidad de las sustancias que la componen.

Desarrollo:

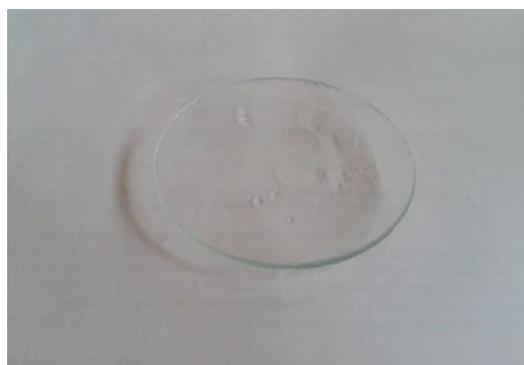
1º) Profesor: Identifica los diferentes cambios de estado que pueden darse en la materia. Pone ejemplos de los mismos. Introduce la reversibilidad del cambio de estado tomando como ejemplo una sustancia bien conocida por los alumnos (agua) y pregunta a los alumnos qué factor/es son los que propician el cambio de estado y si la naturaleza de la sustancia es la misma o no cuando está en estado sólido, líquido o gas.



2º) Profesor: Propone varias experiencias para que los alumnos deduzcan que la temperatura es el factor primordial que determina el estado de agregación de una sustancia.

2.1) Fusión-Solidificación de cera de una vela.

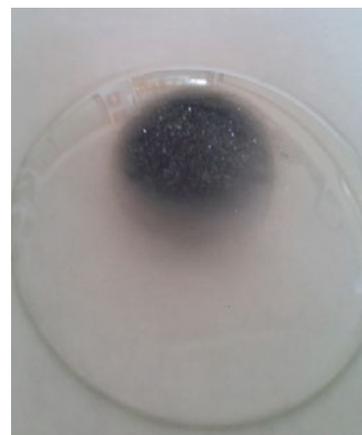
- Material: Mechero Bunsen, soporte, rejilla, vidrio de reloj, vela.
- Procedimiento: se deposita cera de una vela sobre un vidrio de reloj y se calienta hasta que funde. Seguidamente se deja enfriar. (Se puede repetir la experiencia varias veces).



Los alumnos deberán describir lo que sucede y sacar conclusiones sobre la temperatura y la reversibilidad del proceso. Además se les planteará si en estado líquido la cera sigue siendo cera o por el contrario ha cambiado de composición. Ante posibles dudas, el profesor recuerda el significado de propiedad específica de la materia y cómo estas sirven para identificar si una sustancia es la misma en uno y otro estado. También puede referirse a técnicas químicas, similares a las pruebas de diagnóstico médicas, para identificar la composición de la materia, los elementos químicos que contiene y su combinación.

2.2) Sublimación-Sublimación regresiva del Yodo.

- Material: Mechero Bunsen, soporte, rejilla, vaso, vidrio de reloj, hielo, yodo.
- Procedimiento: se deposita una punta de espátula de yodo en un vaso y, sobre él, se coloca un vidrio de reloj con un poco de hielo. Se calienta el vaso y se observa la sublimación del yodo y su posterior sublimación regresiva.



Los alumnos deberán describir lo que sucede y sacar conclusiones sobre lo que ha ocurrido. Además, se les planteará si el yodo ha cambiado de composición y qué papel ha jugado la temperatura para que se produzca el proceso.

- 3º) Profesor: Concluye la actividad señalando la reversibilidad de los cambios de estado y la permanencia de las sustancias que componen la materia. Adelanta que las explicaciones también las encontraremos cuando veamos cómo es la materia en el nivel microscópico.

Sesión 3

Actividad 6. Cambios de estado de la materia (II)

Objetivos:

- Profundizar en el estudio de los distintos cambios de estado de la materia.
- Constatar que la temperatura permanece constante durante el cambio de estado.

Desarrollo:

1º) Profesor: Una vez asimilado que la temperatura juega un papel decisivo en los cambios de estado, se les plantea a los alumnos si ésta cambia durante el proceso o no. Casi con toda seguridad, los alumnos responderán que van aumentando durante el cambio de estado.

2º) Profesor: Recuerda que es posible medir la temperatura con un termómetro para comprobar si las ideas que tenemos son o no acertadas. Seguidamente, propone realizar experiencias para estudiar la temperatura en los cambios de estado del agua, comprobar si permanece o no constante.

- Material: Mechero Bunsen, soporte, rejilla, vaso de precipitados, hielo, cristizador, varios termómetros (por ejemplo, de -10°C a 110°C).

- Procedimiento para el proceso de fusión del agua: se deposita hielo triturado en un vaso de precipitados (50 ó 100 mL), se introduce un termómetro y se mide la temperatura mientras funde a intervalos de tiempo constantes (1 ó 2 minutos).

- Procedimiento para el proceso de solidificación del agua: se pone un vaso de precipitados pequeño (50 mL) con agua dentro de una mezcla frigorífica con hielo picado y varias cucharadas de sal (la mezcla de 3 ó 4 cubitos y tres cucharadas de sal funde a -17°C) en un cristizador. Con un termómetro dentro del agua se mide la temperatura mientras solidifica a intervalos de tiempo constantes (1 ó 2 minutos). Se podría medir la temperatura de la mezcla frigorífica para justificar por qué se llama así (sería necesario un termómetro que mida, al menos, temperatura del orden de -20°C ya que el descenso crioscópico puede llegar hasta -19°C).

- Procedimiento para el proceso de vaporización (condensación y ebullición) del agua: se pone agua en un vaso de precipitados mediano (100 ó 250 mL) y se calienta. Se mide la temperatura durante el proceso de calentamiento a intervalos de tiempo constantes (1 ó 2 minutos). Se deben tomar, al menos, 10 medidas una vez que se ha alcanzado la ebullición. A modo de precaución se debe colocar el bulbo del termómetro alejado de la base donde incide la llama para evitar sobrecalentamiento. Se deben hacer observaciones para establecer la diferencia entre la evaporación y la ebullición: dos formas de cambio de estado de líquido a gas.

Los alumnos deben sacar conclusiones sobre lo que ha ocurrido, comprobando que la temperatura permanece constante durante los cambios de estado del agua (fusión, solidificación y ebullición). También deben advertir que en los procesos inversos la temperatura es la misma.

Observación:

Los alumnos piensan que la temperatura de fusión es la que tiene el sistema cuando ha fundido todo el hielo. Es decir, no interpretan la fusión como un proceso que requiere más o menos tiempo en función de la cantidad de materia (algo similar deben pensar de los otros cambios de estado). Por eso es necesario que realicen observaciones para identificar el proceso desde que se tritura el hielo.



3º) Profesor: Concluye la actividad describiendo el proceso de fusión, insistiendo en la diferencia entre temperatura de fusión y tiempo que dura la fusión. Hace extensiva la idea al resto de los cambios de estado, señala la constancia de la temperatura durante los cambios de estado y en su dependencia con la naturaleza de las sustancias; recuerda el significado de propiedad específica para identificar las temperaturas de fusión y ebullición como ejemplos de propiedades específicas. Adelanta que explicar por qué ocurre esto requiere conocer mejor cómo es la materia en el nivel microscópico, algo que se verá a continuación.

Sesión 4 / 5

Actividad 7. Interpretación microscópica de la materia: Modelo Cinético Particular y analogía del estado sólido

Objetivos:

- Plantear el reto de dar explicaciones al comportamiento de la materia estableciendo hipótesis sobre su constitución particular a nivel microscópico.
- Introducir los presupuestos del Modelo Cinético Particular, analizando las diferencias estructurales de los tres estados y las causas de las mismas.
- Proponer el uso de analogías para discutir el nivel microscópico de la materia.
- Proponer un análogo para el estado sólido, analizando semejanzas y diferencias con el nivel microscópico.

Desarrollo:

1º) Profesor: Se refiere a las propiedades y fenómenos estudiados en clases anteriores y el interés de buscar explicaciones a los mismos. Se refiere al papel de las teorías y modelos científicos, como la herramienta para buscar explicaciones a los fenómenos conocidos pero, también, para hacer predicciones sobre nuevos fenómenos, propiedades y cambios de la materia. Se puede incidir en que son las teorías y los modelos científicos los que hacen que podamos cambiar nuestra visión de la realidad, tener una visión diferente a otras visiones que ofrece la literatura, el arte, etc.

Se plantea qué son las analogías, con referencias al papel que han jugado en la historia de la ciencia, señalando su importancia para imaginar lo desconocido, para concretar lo abstracto, para simplificar lo complejo, para modelizar la realidad. Adelanta que vamos a utilizar las analogías para explicar mejor cómo es la materia a nivel microscópico.

Observación:

Las ejemplificaciones sobre las analogías y su papel en la historia de la ciencia debe hacerse muy someramente pues los alumnos carecen de conocimientos previos sobre las propias teorías y sobre la epistemología del conocimiento. Mejor plantear las analogías como una forma de razonamiento que utilizamos las personas para buscar explicaciones, comparar lo desconocido con lo conocido. Se puede confrontar con el razonamiento causal como una forma diferente de razonamiento.

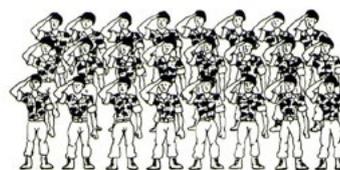
2º) Profesor: Remite a los alumnos a la hoja de trabajo con la descripción del modelo cinético-particular. Pide que lo lean y pregunta por ideas que no se entiendan. Revisa los presupuestos del modelo con los alumnos.

Observación:

El análisis del modelo debe estar centrado en identificar características de las partículas (identidad, masa, tamaño), de su estructura (orden y distancia entre ellas) y de su comportamiento (las interacciones: fuerzas de atracción y repulsión; y el movimiento: vibración, rotación y traslación).

3º) Profesor: Pide a los alumnos que imaginen cómo es la materia por dentro. Para profundizar en esta visión, plantea la existencia de situaciones análogas próximas o conocidas por nosotros a la constitución de la materia. Propone establecer un símil entre la agrupación de partículas en la materia y la agrupación de personas en diferentes colectivos o ámbitos de la vida cotidiana. Propone como ejemplo del estado sólido un escuadrón militar. Remite a los alumnos las hojas de trabajo sobre la analogía del estado sólido. Completa las tareas que incluye.

Solids (Military Unit)



- Small Distance
Between Molecules
- Rigid
 - No Disorder
 - No Random Motion

Actividad 8. Modelo Cinético Particular: analogías para los estados líquido y gaseoso

Objetivos:

- Utilizar las analogías para discutir el nivel microscópico de la materia.
- Proponer un análogo para el estado líquido, analizando semejanzas y diferencias con el nivel microscópico.
- Proponer un análogo para el estado gaseoso, analizando semejanzas y diferencias con el nivel microscópico.

Desarrollo:

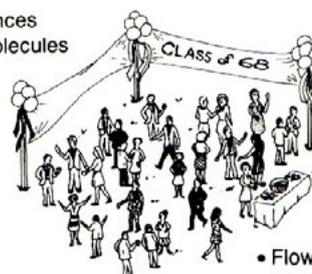
1º) Profesor: Se refiere al trabajo realizado con la analogía del estado sólido e insiste en su sentido, en el papel que juega el razonamiento analógico para comprender las teorías científicas. Señala que se van a utilizar otras analogías para los estados líquido y gaseoso, pero con el denominador común de utilizar personas como símil de las partículas que constituye la materia.

2º) Profesor: Propone como ejemplo del estado líquido la celebración de una fiesta. Remite a los alumnos a las hojas de trabajo sobre las analogías del estado líquido. Completa las tareas que incluye.

3º) Profesor: Propone como ejemplo del estado gaseoso un partido de fútbol. Remite a los alumnos a las hojas de trabajo sobre las analogías del estado gaseoso. Completa las tareas que incluye.

Liquids (Reunion Party)

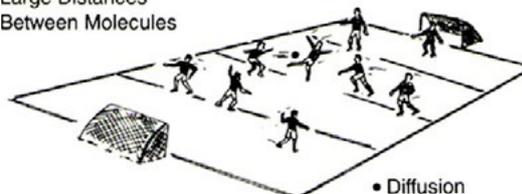
Small Distances
Between Molecules



- Flowing
- Much Disorder
- Some Random Motion

Gases (Soccer Game)

Large Distances
Between Molecules



- Diffusion
- Much Disorder
- Much Random Motion

Actividad 9. Modelo Cinético Particular: analogías para los cambios de estado

Objetivos:

- Utilizar las analogías para discutir el nivel microscópico de la materia.
- Construir una analogía para los cambios de estado de la materia que permita modelizar los procesos de fusión y ebullición.

Desarrollo:

1º) Profesor: Se refiere a cómo ha sido el trabajo con las analogías utilizadas para los estados sólido, líquido y gas. Plantea que el reto es mayor cuando uno tiene que imaginar algo desconocido (cambio de estado de la materia a nivel microscópico) buscando la analogía adecuada, es decir, buscando algo conocido (el análogo).

Propone hacer esto para explicar cómo ocurren los cambios de estado. Recuerda que debe servir para explicar los fenómenos estudiados (la influencia de la temperatura, la reversibilidad del cambio, la constancia de la temperatura...).

2º) Profesor: Propone seguir utilizando personas como símil de las partículas, y propone utilizar a los alumnos en una clase de educación física para inventar la analogía (deja abierta la posibilidad de utilizar otros análogos, grupos de personas en situaciones diferentes, para inventar la analogía). Remite a los alumnos a las hojas de trabajo sobre la analogía del cambio de estado. Completa las tareas que incluye.

Actividad 10. Relación entre el nivel macro, micro y simbólico de la materia (I)

Objetivos:

- Ampliar la fenomenología asociada a los estados de agregación.
- Describir los nuevos fenómenos en términos de propiedades de los estados de agregación.
- Utilizar el Modelo Cinético Particular para interpretar y explicar los nuevos fenómenos.

Desarrollo:

1º) Profesor: Se refiere al trabajo de las sesiones anteriores, plantea al alumno los diferentes niveles de estudio de la materia que se han tratado:

- el nivel macro (se describen los estados agregación y cambios de estado en términos de propiedades y relaciones entre variables como volumen, presión y temperatura),
- el nivel micro (modelo cinético particular: se describe la materia en términos de partículas, vacío, interacciones y movimientos, para explicar el nivel macro) y
- el nivel simbólico (se representa el modelo cinético particular: diagramas de partículas y analogías).

Explica la importancia de diferenciar estos niveles para entender qué aporta el conocimiento científico a nuestra visión cotidiana de la realidad. Así, fenómenos cotidianos aparentemente sencillos como oler una flor, inflar un globo, hervir agua, secar la ropa, . . . , pueden ser vistos de otro modo, con la perspectiva que ha ido construyendo la ciencia: describiendo, explicando y representando esos fenómenos.

Destaca que nuestro conocimiento científico sobre la materia, el de los alumnos que aprenden ciencia (pero también el de los científicos), crece y es más completo cuando se sabe relacionar coherentemente los tres niveles anteriores. Señala que esto siempre supone un gran esfuerzo intelectual pero que forma parte de la naturaleza humana: querer conocer y comprender mejor la realidad que nos rodea.

2º) Profesor: Propone hacer otras experiencias, basadas en fenómenos conocidos y otros desconocidos, para que los alumnos los describan a nivel macro, los expliquen a nivel micro y los representen a nivel simbólico.

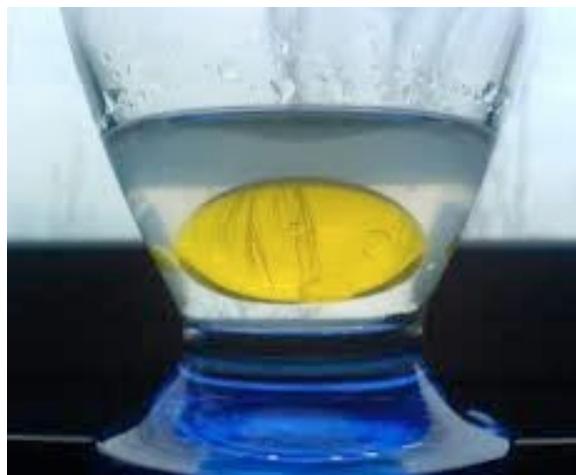
2.1) El embudo que no cuela.

- Tomar una botella y un embudo. Colocar el embudo en el cuello de la botella y cerrar el espacio entre ambos con plastilina, de modo que la única entrada sea la del embudo.
- Preguntar a los alumnos qué hay dentro de la botella para asegurarnos que tienen en cuenta el aire que contiene.
- Anticipar lo que se quiere hacer: llenar la botella con agua (colorear para que se vea) a través del embudo. Preguntar qué piensan que va a ocurrir.
- Realizar la experiencia y pedir que describan y expliquen lo que ocurre, a nivel macro y micro (si es necesario se debe recordar a los alumnos que toda la materia tiene un volumen, que la compresión en los gases es limitada, que los líquidos no se comprimen . . . También se podría discutir la relación de presiones del aire comprimido y la exterior).
- Pedir a los alumnos que representen la materia dentro de la botella, dibujando partículas, tanto al principio como al final.
- Recoger por escrito las respuestas de los alumnos y discutir las respuestas diferenciando ambos niveles y su relación.



2.2. La gota de aceite que flota.

- Preguntar a los alumnos qué ocurre cuando se mezcla aceite y agua (si no lo saben habría que mostrárselo). Y qué piensan que puede ocurrir si en vez de ser agua es alcohol (habría que mostrárselo).
- Hacer ver que en ambos casos el aceite se extiende por toda la superficie.
- Llamar la atención sobre la experiencia que se va a hacer (una mezcla con los tres líquidos). Preguntar qué piensan que va a ocurrir.
- Preparar un vaso de precipitados grande (500 mL) con una mezcla de alcohol etílico (2/3) y agua (1/3). Utilizar una jeringuilla de 5 mL para inyectar aceite.
- Realizar la experiencia y pedir que describan y expliquen lo que ocurre, a nivel macro y micro. Si es necesario, recordar al alumno que los líquidos se difunden, no tienen forma propia y, al ser inmiscibles, actúan como recipientes unos de otros... También se debería incidir en que las fuerzas entre las partículas, fuerzas de cohesión, son responsables del mayor orden en los líquidos que en los gases, y que cuando se dan entre líquidos distintos se denominan fuerzas de adhesión.
- Recoger por escrito las respuestas de los alumnos y discutir las respuestas diferenciando ambos niveles y su relación.



2.3. El líquido que sube por el tubo.

- Tomar una botella de cristal, plastilina y pajitas de helado (o tubo bolígrafo Bic). Llenar la botella con agua (o alcohol) coloreada, rodear el tubo con plastilina y meter en la botella cerrando la entrada de aire. Marcar la altura del líquido en el tubo a temperatura ambiente. Preparar el sistema calefactor (agua hirviendo). Introducir la botella en recipiente con agua caliente. Observar la subida del agua por el tubo, dejar tiempo suficiente para que la subida sea evidente.
- Llamar la atención sobre el contenido de la botella (sólo líquido) y la altura del líquido a temperatura ambiente.
- Anticipar lo que se va a hacer: meter la botella en agua muy caliente (al baño maría). Preguntar qué creen que ocurrirá.
- Realizar el ensayo y pedir que describan y expliquen lo que ocurre, a nivel macro y micro (si es necesario se debe recordar a los alumnos que toda la materia tiene un volumen y una temperatura, que la dilatación es un fenómeno común a toda la materia, que cada sustancia se dilata en mayor o menor medida, que el aumento de temperatura provoca un mayor movimiento de las partículas, que el movimiento disminuye las fuerzas de cohesión...).
- Pedir que represente el líquido dentro del tubo, dibujando partículas, al principio y al final.
- Recoger por escrito las respuestas de los alumnos. Discutir las respuestas diferenciando ambos niveles y su relación.



3º) Profesor: Concluye la actividad retomando las principales ideas sobre los fenómenos estudiados e insistiendo en los diferentes niveles de conocimiento de la materia.

Sesión 9 / 10

Actividad 11. Relación entre el nivel macro, micro y simbólico de la materia (II)

Objetivos:

- Analizar los cambios de estado de la materia, desde las relaciones entre los niveles macro, micro y simbólico.
- Utilizar las gráficas de cambios de estado para representar (nivel simbólico) y sintetizar información del proceso.

Desarrollo:

1º) Profesor: Se refiere a lo estudiado en sesiones anteriores sobre los cambios de estado: la identificación de los mismos, la dependencia con las condiciones de presión y temperatura y las diferencias en las propiedades específicas (temperaturas de cambios de estado y calor latente) de diferentes sustancias.

También cabe referirse a sus aplicaciones tecnológicas (olla a presión, bombona de butano, sprays, climatizadores, turbinas, condensadores...), y a la importancia de conocer qué ocurre en los cambios de estado para comprender diversos fenómenos y el funcionamiento de muchos aparatos.

Propone analizar un caso sencillo, considerando los tres niveles de conocimiento: macro, micro y simbólico.

2º) Profesor: Proporciona gráficas sobre el proceso de calentamiento y temperaturas de cambio de estado (fusión y ebullición) de algunas sustancias como el agua y el alcohol.

Pide a los alumnos que señalen semejanzas y diferencias entre las mismas, que identifiquen los puntos de fusión y ebullición, el tiempo que dura el cambio, el calor suministrado, etc. También se podría discutir las relaciones entre calor, temperatura y energía interna en cada tramo de la gráfica; la contribución cinética y potencial a la energía interna).



Se establecen relaciones con el movimiento, la intensidad de las fuerzas de cohesión y la separación de las partículas.

3º) Profesor: Concluye la actividad insistiendo en la importancia de poder representar mediante símbolos (gráficas, fórmulas, dibujos...) los fenómenos que se estudian.

Se insiste en que estos símbolos nos ofrecen imágenes que aportan mucha información de lo que ocurre. La interpretación de esas imágenes está condicionada por los conocimientos de los niveles macro y micro.

En definitiva, el conocimiento y la comprensión de los cambios de estado será mayor cuanto mejor se conozca y se relacione lo que ocurre en los niveles macro, micro y simbólico.

Sesión 10

**Actividad 12. Revisión del estudio de la materia:
estados de agregación y cambios de estado**

Objetivos:

- Revisar la naturaleza de la materia diferenciando niveles de conocimiento.
- Valorar el papel de las analogías en la percepción del mundo microscópico.

Desarrollo:

1º) Profesor: Señala que, para terminar con este tema, se va a revisar qué y cómo se han estudiado los estados de agregación y cambios de estado, qué se ha aprendido de ellos y qué opinión merecen las analogías que se han utilizado.

Para comenzar, el profesor se refiere a los objetos estudiados (sólidos como metal, azúcar... ; líquidos como agua, alcohol, miel, . . . ; gases como aire, óxido de nitrógeno...) y fenómenos estudiados (difusión de gases y líquidos; compresión de gases; dilatación de gases, líquidos y sólidos; cambios de estado como fusión, solidificación, sublimación, vaporización . . .). Y otros fenómenos, como el embudo que no funciona cuando se echa agua, la gota de aceite suspendida en un líquido, y el líquido que sube por el tubo.

El profesor destaca que para estudiar esos objetos y fenómenos se han diferenciado niveles de conocimiento (macroscópico, microscópico y simbólico), es decir:

- lo que se puede conocer a partir de las características que se observan y se miden (nivel macroscópico): propiedades comunes a sólidos, líquidos y gases (relaciones forma y volumen); leyes de cambios de estado (puntos de fusión y ebullición; reversibilidad); comportamiento de los gases, líquidos o sólidos cuando se difunden, comprimen y dilatan (relaciones P, V, T);
- lo que se puede conocer a partir de teorías y modelos (nivel microscópico): modelo cinético particular;
- lo que se puede conocer a partir de las imágenes (nivel simbólico: analogías partículas-personas, gráficas cambio estado) que se construyen sobre ambos mundos.

El conocimiento de los objetos y fenómenos es tanto mayor cuanto lo sea la comprensión de cada nivel y se sea capaz de establecer relaciones entre ellos. Así, por ejemplo, el conocimiento sobre el fenómeno de la dilatación de la materia (gases, líquidos y sólidos aumentan su volumen al hacerlo la temperatura aunque existen diferencias entre ellos) será mayor si se sabe describir las propiedades comunes a cada estado de agregación, si se sabe explicarlas desde los presupuestos del modelo cinético particular y si se es capaz de imaginar y representar lo que está ocurriendo.

2º) Profesor: A continuación, el profesor destaca el uso de las analogías para comprender los presupuestos del Modelo Cinético Particular, para analizar semejanzas y diferencias entre sólidos, líquidos y gases, y para analizar los diferentes cambios de estado de la materia.

Dado que no es habitual utilizar las analogías, pide a los alumnos que valoren, en general, el haber utilizado las analogías dentro de esta unidad didáctica y, en particular, para comprender mejor el Modelo Cinético Particular y las explicaciones sobre los estados de agregación y los cambios de estado.

Se les puede pedir que valoren de 1 a 5 (Nada, Poco, Regular, Bastante, Mucho) el interés, la complejidad, la extensión y la utilidad. Por ejemplo, se les puede preguntar:

- a) si les ha parecido un contenido ameno de trabajar;
- b) si les ha parecido un contenido fácil de entender;
- c) si les ha parecido adecuado el tiempo dedicado a trabajarlo;
- d) si les ha ayudado a comprender mejor los estados de agregación y los cambios de estado.

También se les puede pedir que den una opinión abierta sobre el uso de las analogías en futuras unidades didácticas, y sobre su incidencia en la manera de estudiar.

Se deberían recoger por escrito las respuestas de los alumnos.

3º) Profesor: Por último, el profesor informa sobre la realización de una prueba escrita para revisar lo que se ha aprendido sobre los estados de agregación y los cambios de estado.

Entre los materiales de los alumnos se incluye un cuestionario para la evaluación de los aprendizajes. Este cuestionario ha sido utilizado en el proyecto de investigación, y puede ser tenido en cuenta para completar la evaluación de la propuesta de enseñanza.

Parte II:

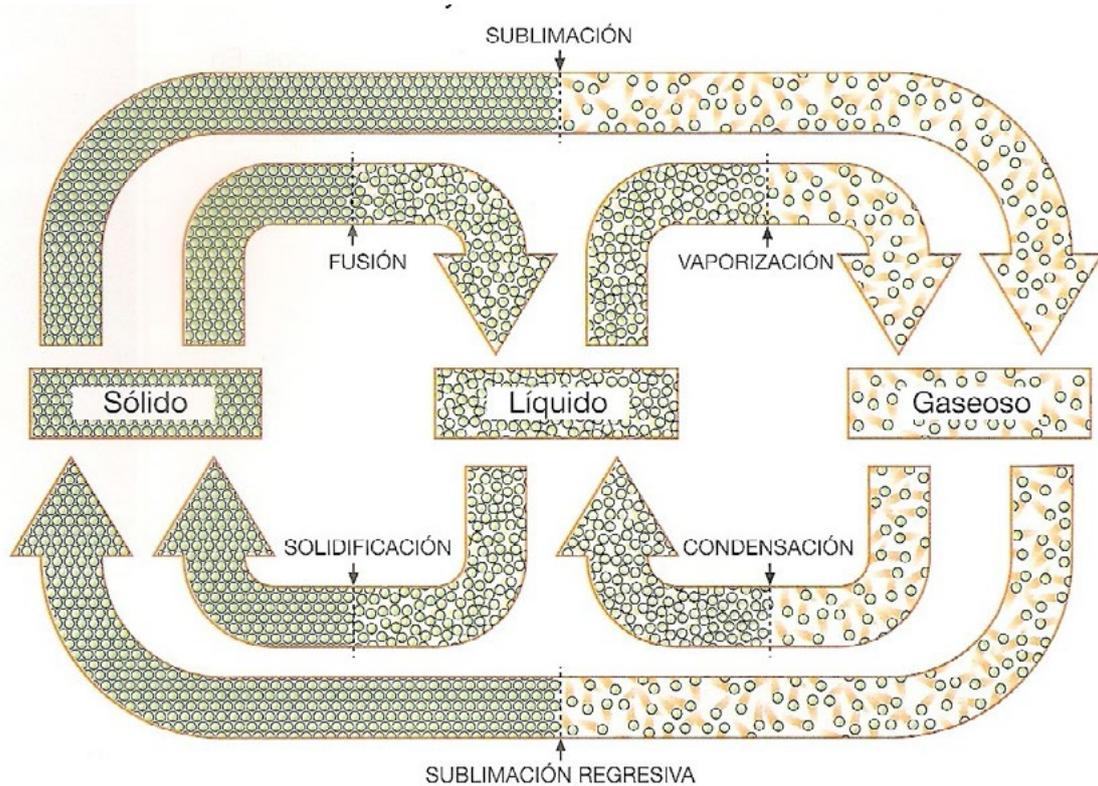
Materiales didácticos de los alumnos

II.1. Hojas de trabajo del alumno: analogías sobre los estados de agregación y cambios de estado (actividades 7, 8 y 9)

La propuesta de enseñanza se desarrolla a través de una secuencia de actividades que, primero, estudia a nivel macroscópico los estados de agregación de la materia con un soporte empírico sobre los fenómenos de difusión, compresión y dilatación (actividad 3), necesario para comprender el comportamiento mecánico de los gases y sus propiedades comunes. Tras completar el estudio con sólidos y líquidos (actividad 4), a continuación, se estudian los cambios de estado también a nivel macroscópico con su correspondiente soporte empírico (actividades 5 y 6). Aunque el desarrollo de estos contenidos fue compartido por los profesores que llevaron al aula la propuesta, en los términos antes descritos (apartado I.3.2), no se diseñaron materiales didácticos para los alumnos por diferentes motivos, entre otros, no formar parte de los objetivos del proyecto de investigación e innovación: Implementación y evaluación de una propuesta de enseñanza basada en analogías sobre los estados de agregación de la materia.

Tras el estudio a nivel macroscópico, la propuesta de enseñanza da explicaciones al comportamiento fenomenológico de la materia desde los presupuestos del Modelo Cinético Particular y el uso de analogías para discutir y comprender el nivel microscópico de la materia (actividades 7, 8 y 9). El desarrollo de estos contenidos tiene como soporte los materiales didácticos escritos, que se muestran a continuación, compilados en formato cuaderno para darlo al alumno. El cuaderno incluye, además de la información sobre el Modelo Cinético y los análogos de cada estado de agregación, las hojas de trabajo de los alumnos con un diseño que, como ya hemos señalado, pide al alumno tareas cada vez más complejas dentro del proceso de razonamiento analógico. Conviene recordar que, en este proyecto de investigación e innovación, el uso de las analogías tiene varios propósitos, primero, superar las dificultades de aprendizaje que tienen los alumnos para comprender y utilizar los presupuestos del Modelo Cinético, segundo, desarrollar la capacidad de razonamiento de los alumnos y, tercero, introducir a los alumnos en el papel de las teorías científicas y los procesos de modelización.

Estados de agregación de la materia



Cuaderno de trabajo

Alumno/a:

Curso:

Centro:

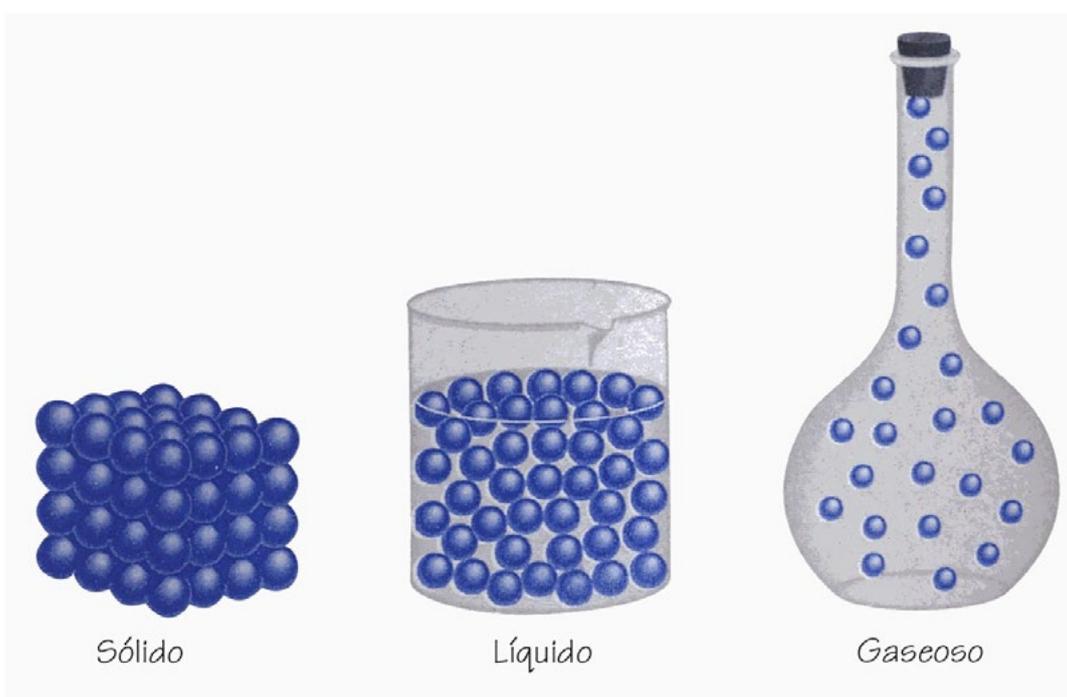
MODELO CINÉTICO PARTICULAR

Sabemos que...

- Las propiedades de los sólidos, líquidos y gases, y las semejanzas y diferencias entre ellos, se pueden explicar desde el Modelo Cinético Particular (MCP) de la Materia.

Las ideas básicas de este modelo nos dicen que:

- Toda la materia está formada por partículas extremadamente pequeñas, tanto que no pueden verse con el microscopio más potente, y entre ellas el espacio está vacío, es decir, entre ellas no hay nada.
- Las partículas son iguales para cada sustancia pura, con masa y volumen característico, y distintas de las de otras sustancias puras, tanto en masa como en volumen.
- Las partículas interactúan entre sí, generando fuerzas de cohesión, que tienden a juntarlas y ordenarlas.
- Las partículas también están en movimiento continuamente, llamado agitación térmica, que tiende a separarlas y desordenarlas.
- Las intensidades de las interacciones o fuerzas de cohesión y de la agitación térmica no son iguales en sólidos, líquidos y gases. Los efectos del movimiento y de la interacción sobre la disposición de las partículas son contrapuestos, dando como resultado los diferentes Estados de Agregación.
- El movimiento de las partículas está relacionado con la temperatura de la materia. Cuanto mayor es la temperatura mayor es el movimiento de las partículas.



Representación de estados de agregación desde Modelo Cinético Particular

EL ESTADO SÓLIDO

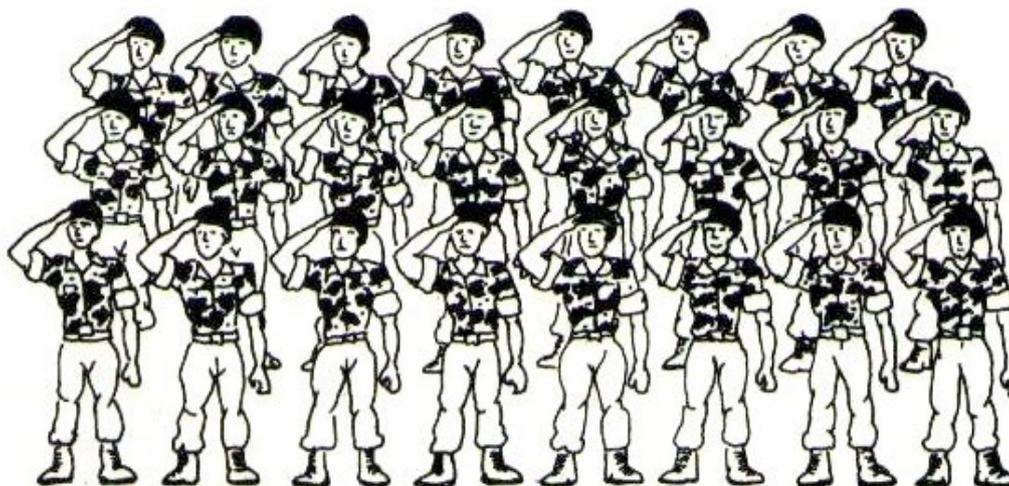
Sabemos que...

- *Propiedades características:* Los sólidos tienen forma y volumen propio. No se pueden comprimir.
- *Modelo cinético particular:* En los sólidos las fuerzas de cohesión entre las partículas son muy grandes y el movimiento que tienen sólo es de vibración, no pueden trasladarse ni rotar. Como resultado, las partículas se mantienen unidas, ocupan posiciones fijas y entre ellas hay una distancia muy pequeña, aproximadamente igual a su tamaño.

Imaginamos que...

- ...las partículas en un sólido se comportan de modo similar a como lo hacen los soldados de un Batallón Militar que está en formación.

SÓLIDO



Batallón militar en formación

Tarea 1. Analizamos qué sabemos del batallón militar en formación

¿De qué está formado un batallón?

Una **característica de los soldados** es que visten el mismo uniforme. ¿Qué otras características tienen los soldados del batallón militar en formación? Señala otras 2 ó 3 características más:

.....

.....

.....

Para describir mejor **cómo se comportan los soldados**, responde a las siguientes preguntas:

¿Pueden moverse en la formación?

¿Cómo?

.
.
.

¿Ocupan posiciones fijas o cambian?

¿Están ordenados de alguna manera o en desorden?

.
.
.

¿Cómo es la distancia entre ellos?

¿Pueden romper la formación?

¿Por qué?

.
.
.

Añade otras cosas que quieras señalar:

.
.
.
.
.
.
.



**Puesta
en común**

**¿Qué características tienen los soldados del batallón?
¿Cómo se comportan los soldados?**

- Tras la puesta en común con tus compañeros, revisa y completa las respuestas que has realizado anteriormente.

Tarea 2. Analizamos las semejanzas entre el estado sólido y el batallón militar en formación

• Lee la información que el MCP (modelo cinético particular) nos proporciona sobre todos los estados de la materia y, en particular, sobre el estado sólido. Desde esa información contesta:

¿De qué está formado un sólido?

.

¿Qué **características tienen las partículas** del sólido? (Describe todo lo conozcas sobre ellas) .

.

.

.

.

• Para describir mejor **cómo se comportan las partículas** en los sólidos, responde a las siguientes preguntas:

¿Pueden moverse?

¿Cómo?

.

¿Cómo es la distancia entre las partículas?

.

¿Ocupan posiciones fijas o cambian?

.

¿Están ordenadas o en desorden?

¿Cómo?

.

.

¿Cómo es la distancia entre ellas?

.

Añade otras cosas que quieras señalar:

.

.

.

- Compara ambas situaciones, la de las partículas en un sólido y la de los soldados en un batallón militar, y completa el siguiente cuadro:

Estado Sólido MCP	Batallón militar en formación	
	Semejanzas	Diferencias
Partículas	Soldados	
Las partículas son extremadamente pequeñas		
Entre las partículas no hay nada, el espacio está vacío		Entre los soldados hay aire
Las partículas ocupan un espacio y pesan	Los soldados ocupan un espacio y pesan	
Las partículas son iguales para cada sustancia pura	Los soldados visten el mismo uniforme	Los soldados son personas diferentes
Las partículas en el sólido sólo pueden vibrar, no rotan ni se trasladan	Los soldados en formación no se giran ni se trasladan	
La distancia entre partículas es pequeña, aproximadamente igual a su tamaño.		
La fuerzas de cohesión en los sólidos es muy grande		
Las partículas en los sólidos ocupan posiciones fijas y mantienen su orden	Los soldados ocupan posiciones fijas y están ordenados	

**Puesta
en común**

**¿Cuáles son las principales semejanzas?
¿Cuáles son las principales diferencias?**

Tarea 3. Aplicamos lo que sabemos sobre los sólidos a nivel microscópico para explicar y predecir algunas propiedades

3.1- Todos sabemos que un trozo de sólido, con mayor o menor esfuerzo, lo podemos dividir en otros más pequeños troceándolo e incluso moliéndolo. Pero ¿hasta qué límite podríamos molerlo?

.....

.....

.....

.....

.....

.....

3.2- En nuestra experiencia cotidiana encontramos sólidos que podemos cortar con un cuchillo y otros que no, por mucho esfuerzo que hagamos y llegemos incluso a romper el cuchillo. ¿Cómo podrías explicar esa diferencia de dureza, es decir de resistencia a ser cortados?

.....

.....

.....

.....

.....

.....

3.3- Seguro que habrás comprobado que muchos sólidos se ponen blandos, fácilmente deformables, con el calor e incluso llegan a fundirse y se hacen líquidos. ¿Cómo podrías explicar ese efecto del calor?

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

3.4- Sabemos que la dilatación de un sólido es el aumento de tamaño que experimenta, en general, cuando se calienta. Es decir, su tamaño aumenta al aumentar la temperatura.

a) ¿Cómo puede explicarse este efecto del calor? ¿Qué crees que varía en el sólido, la distancia entre las partículas o el tamaño de ellas?

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

b) Si, al variar por igual la temperatura, una sustancia A se dilata más que otra B, y a su vez esta se dilata más que otra C, ¿qué puedes decir de las fuerzas de cohesión entre sus partículas? Ordena de mayor a menor las sustancias según la intensidad de sus fuerzas de cohesión.

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

EL ESTADO LÍQUIDO

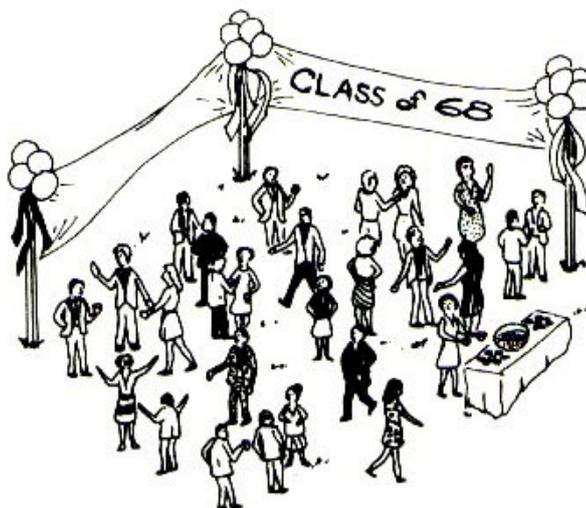
Sabemos que...

- *Propiedades características:* Los líquidos tienen forma variable, la del recipiente que los contiene, y volumen propio. Fluyen y no se pueden comprimir.
- *Modelo cinético particular:* En los líquidos la situación es intermedia entre la de los sólidos y la de los gases, dado que las partículas interactúan entre sí como en los sólidos y se mueven como en los gases, pero en ambos casos lo hacen con menor intensidad. Esto hace que, en los líquidos, las partículas están muy juntas, siendo la distancia entre ellas aproximadamente igual de grande que el tamaño de una partícula, como en los sólidos, pero no ocupan posiciones fijas sino que están desordenadas y se mueven al azar, vibrando, rotando y trasladándose en todas direcciones, como en los gases.

Imaginamos que...

- ... las partículas en los líquidos se comportan como las personas en la celebración de una fiesta, en la que están juntas intercambiando saludos y charlando entre sí, pero se mueven libremente por toda la fiesta.

LÍQUIDO



Celebración de una fiesta

Tarea 1. Analizamos las semejanzas entre el estado líquido y el análogo: celebración de una fiesta. Considerando:

A) la información que nos proporciona el MCP (modelo cinético particular) sobre todos los estados de la materia y, en particular, sobre el estado líquido, y

B) el ejemplo análogo que te proponemos, contesta las siguientes cuestiones relacionadas con:

1.- ¿Cómo podemos ejemplificar con el análogo las siguientes características del estado líquido?:

- Las partículas, aunque extremadamente pequeñas, tienen masa y ocupan un espacio

En el análogo se ejemplifica con
.
.

- Entre las partículas no existe nada, sólo hay espacio vacío

En el análogo se ejemplifica mediante
.
.

- Las partículas se mueven de tres modos: vibrando, rotando y trasladándose en todas direcciones

En el análogo se ejemplifica mediante
.
.

- Las partículas interaccionan entre si, generando fuerzas de cohesión que las mantiene unidas

En el análogo se ejemplifica con
.
.

- La distancia entre las partículas es muy pequeña, similar a su tamaño

En el análogo se ejemplifica con
.
.

- Las partículas no ocupan posiciones fijas ni están ordenadas

En el análogo se ejemplifica con
.
.

2.- ¿Qué cosas del modelo cinético particular del estado líquido no podemos ejemplificar con el análogo?

.....

.....

.....



¿Cuáles son las principales semejanzas?
¿Cuáles son las principales diferencias?

3.- Completa el siguiente cuadro de relaciones entre el modelo del estado líquido y el análogo:

Aspectos a considerar:	Estado Líquido MCP	Celebración de una fiesta	
		Semejanzas	Diferencias
Formado por.... (Componentes)	Partículas	Personas	Las personas no son iguales
Características de los componentes o del sistema ... (Atributos)	<ul style="list-style-type: none"> • Las partículas, aunque extremadamente pequeñas, tienen masa y ocupan un espacio • Entre las partículas existen interacciones • Las partículas están en movimiento continuo • 	<ul style="list-style-type: none"> • Las personas tienen masa y ocupan un espacio • • 	<ul style="list-style-type: none"> • Las personas son grandes
Cómo se comportan, qué comparaciones podemos hacer.... (Relaciones entre componentes y atributos)	<ul style="list-style-type: none"> • Las partículas están siempre en movimiento: vibran, rotan y se trasladan en todas direcciones • La distancia entre las partículas es pequeña, aproximadamente como su tamaño • • 	<ul style="list-style-type: none"> • Las personas pueden vibrar, rotar y trasladarse en todas direcciones • La distancia entre las personas suele ser pequeña • • 	<ul style="list-style-type: none"> • Las personas pueden permanecer quietas durante algún tiempo • La distancia entre las personas varía •

Tarea 2. Aplicamos lo que sabemos de los líquidos a nivel microscópico para interpretar algunos fenómenos

2.1. Explica utilizando el modelo cinético particular las siguientes propiedades de los líquidos

- Los líquidos no puede comprimirse

.....
.....
.....

- Aunque todos los líquidos fluyen, no todos lo hacen por igual

.....
.....
.....

- Los líquidos adoptan la forma del recipiente que lo contiene

.....
.....
.....

- Los líquidos cuando se calientan aumentan su volumen

.....
.....
.....

2.2. ¿Se pueden explicar utilizando el análogo de la fiesta las propiedades anteriores? Justifica tu respuesta.

.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....

Tarea 3. Vamos a repasar y concluir las principales ideas

- ¿Cuáles son los aspectos principales del estado líquido que podemos ejemplificar con la analogía de la celebración de una fiesta?

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

- ¿Cuáles son las principales limitaciones que tiene la analogía para ejemplificar el modelo cinético particular del estado líquido?

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

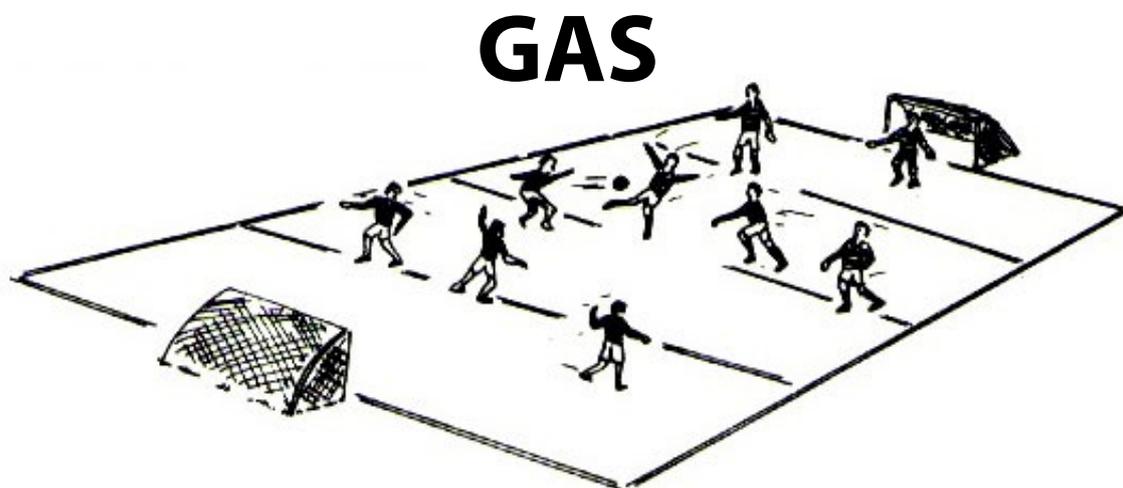
EL ESTADO GASEOSO

Sabemos que...

- *Propiedades características:* Los gases tienen forma y volumen variable, ocupando todo el espacio del recipiente que los contiene. Fluyen y se pueden comprimir.
- *Modelo cinético particular:* Las fuerzas de cohesión son prácticamente inexistentes en los gases y sus partículas se mueven al azar vibrando, rotando y trasladándose en todas direcciones. Por ello, las partículas no ocupan posiciones fijas, están desordenadas y están bastante alejadas en comparación con su tamaño, siendo la distancia media aproximada entre partículas, en condiciones normales, de diez veces su tamaño. En los gases, el movimiento de las partículas es mayor que en los líquidos y muchísimo más que en los sólidos.

Imaginamos que...

... las partículas de un gas se comportan como los jugadores de un partido de fútbol. Todos los jugadores del mismo equipo llevan la misma vestimenta, menos el portero, para distinguirse en el juego del equipo contrario. Los jugadores se mueven libremente por todo el campo, recorriendo grandes distancias, intercambiándose el balón y siguiendo ciertas tácticas para tratar de ganar.



Partido de fútbol

Tarea 1. Analizamos lo que sabemos sobre el ejemplo análogo: partido de fútbol

- Discute con tus compañeros los componentes, sus características y cómo se comportan en el análogo y rellena el siguiente cuadro:

Partido de fútbol	
¿Quién juega el partido de fútbol? (Componentes)
¿Qué características tienen los futbolistas? ¿Y el equipo? (Atributos)	<ul style="list-style-type: none"> • Los jugadores del mismo equipo tienen el mismo vestido (excepto el portero) • Los jugadores de equipos diferentes llevan vestidos diferentes
¿Cómo se comportan, qué comparaciones podemos hacer...? (Relaciones entre los componentes y sus atributos)	<ul style="list-style-type: none"> • Los jugadores se mueven libremente por el campo • Entre los jugadores hay interacciones: se intercambian el balón

**Puesta
en común**

¿Cuáles son las principales características de los futbolistas y equipos?

Tarea 2. Analizamos las semejanzas entre el estado gaseoso y el análogo: partido de fútbol

Rellena el siguiente cuadro considerando:

A) la información que el Modelo Cinético Particular nos proporciona sobre todos los estados de la materia y, en particular, sobre el estado gaseoso, y

B) el análogo que te proponemos.

Podéis añadir las filas que consideréis necesarias.

Aspectos a considerar:	Estado Gaseoso MCP	Partido de fútbol	
		Semejanzas	Diferencias
Elementos que forman (Componentes)	Partículas	Jugadores	
Características de los componentes y del sistema (Atributos)	Son extremadamente pequeñas		Son grandes
	Tienen masa y volumen iguales para las de una misma sustancia	Tienen masa y volumen	No es la igual para todos los jugadores del mismo equipo
	Las partículas están en continuo movimiento		
	La interacción entre las partículas es muy débil	Los futbolistas interactúan: se pasan el balón, chocan entre si, se desmarcan y alejan....siguen una táctica	Al contrario que en un gas, la interacción entre los futbolistas es grande

Aspectos a considerar:	Estado Gaseoso MCP	Partido de fútbol	
		Semejanzas	Diferencias
¿Cómo se comportan? ¿Qué comparaciones podemos hacer? (Relaciones entre componentes y atributos)	El movimiento de las partículas tiende a separarlas y desordenarlas	El movimiento de los jugadores tiende a separarles y desordenarles	
	Las partículas se mueven en todas direcciones		
	Las partículas no tienen posiciones fijas, se distribuyen por todo el recipiente que las contiene		
	La separación entre las partículas es variable y frecuentemente grande		

2.1. ¿Qué cosas del modelo cinético particular del estado gaseoso no podemos ejemplificar con el análogo?

.....

.....

.....

.....

.....

.....

Tarea 3. Aplicamos lo que sabemos sobre el estado gaseoso a nivel microscópico para interpretar algunos fenómenos

3.1 Explica utilizando el modelo cinético particular las siguientes propiedades de los gases:

- Un gas puede comprimirse, pero hay un límite

.....
.....
.....

- Un gas adopta la forma del recipiente que lo contiene

.....
.....
.....

- Un gas se expande espontáneamente ocupando todo el volumen del recipiente que lo contiene

.....
.....
.....

- Cuando se abre una botella con gas (por ejemplo, de butano o una bebida carbónica) espontáneamente sale y se difunde en el aire mezclándose con él

.....
.....
.....

3.2 ¿Se pueden explicar utilizando el análogo las propiedades anteriores? Justifica tu respuesta.

.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....

Tarea 4. Vamos a repasar y concluir las principales ideas

¿Cuáles son los aspectos principales del estado gaseoso que se ejemplifican con la analogía del partido de fútbol?:

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

¿Cuáles son las principales limitaciones que consideras que tiene la analogía para ejemplificar el modelo cinético particular del estado gaseoso?

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

CAMBIOS DE ESTADO DE LA MATERIA

Sabemos que

- *Evidencias macroscópicas:* La materia puede cambiar de estado de agregación. Por ejemplo, a presión atmosférica, el agua puede ser sólida, líquida o gas según la temperatura a que se encuentre.
 - El agua esta presente en la Naturaleza en estado sólido formando el hielo, en estado líquido en ríos, lagos,... y en estado gaseoso, como vapor de agua en el aire.
 - Podemos observar el agua cambiando de estado en diferentes situaciones: un cubito de hielo se derrite, el agua líquida se congela, el agua líquida forma vapor cuando la ponemos a hervir, un charco o la ropa mojada se secan porque el agua se evapora, se empañan los cristales en invierno con minúsculas gotas porque el vapor de agua se condensa por el frío o incluso se forman finos cristales de hielo cuando el día es muy frío.
- *Propiedades características:* La mayoría de los cambios de estado del agua ocurren a una temperatura determinada, llamada temperatura de fusión cuando el hielo se derrite o temperatura de congelación cuando el agua solidifica, en ambos casos a 0°C. Cuando el agua hierve hablamos de temperatura de ebullición y temperatura de condensación cuando el vapor se condensa en gotas, en ambos casos a 100°C. Sin embargo, cuando el agua se evapora lo hace a cualquier temperatura, aunque esto ocurre a mayor velocidad si aumenta la temperatura.
- *Modelo cinético particular:* A nivel microscópico nos explica cómo son los sólidos, líquidos y gases, y algunas propiedades macroscópicas que observamos como la dureza de un sólido, la fluidez de un líquido y la difusión de un gas. Es de esperar que también pueda explicarnos cómo y por qué son posibles los cambios de estado de la materia.



Tarea 1. ¡Inventamos una analogía!

- Para inventar una analogía, primero, deberemos imaginar un análogo. Es decir, imaginar una situación cotidiana real o ficticia que podamos utilizar, cambiando algunas condiciones, para representar los tres estados de la materia y explicar cómo se puede pasar de un estado a otro. Segundo, la compararemos con la explicación científica que nos puede proporcionar el MCP y podremos ir ajustándola para tratar que nuestra analogía ejemplifique lo mejor posible los cambios de estado de la materia.
- Podéis tratar de inventar la que queráis o utilizar las siguientes pistas:
 - **Pista 1.** Situación cotidiana: clase de educación física en la pista de deportes.
 - **Pista 2.** Durante las diferentes actividades que se hacen se escucha música con distintos ritmos.

1.1. Señala los componentes y sus características en cada estado de agregación:

- El análogo esta formado por:
.
.
- Sus características son:
.
.

1.2. Indica cómo se comportan los componentes en cada estado de agregación:

- Cuando representan al sólido
.
.
.
- Cuando representan al líquido
.
.
.
- Cuando representan al gas
.
.
.

1.3. Explica con el análogo cómo podría producirse el paso de un estado de agregación a otro:

- Para el cambio de sólido a líquido: ¿Cómo estarían los alumnos? ¿Qué cambios se darían en su comportamiento? ¿Qué les haría cambiar?

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

- Para el cambio de líquido a gas: ¿Cómo estarían los alumnos? ¿Qué cambios se darían en su comportamiento? ¿Qué les haría cambiar?

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

1.4. Indica qué cosas no se pueden ejemplificar sobre los cambios de estado anteriores, utilizando el análogo que has construido:

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....



**Puesta
en común**

¿Cómo es el análogo que has inventado tú?

- Tras la puesta en común con tus compañeros, escribe la situación análoga que consideréis más completa y que mejor representa lo que ocurriría en el cambio de estado.

Tarea 2. Analizamos las semejanzas en la analogía inventada

- Modelo Cinético Particular: Presta atención a la explicación científica que da el profesor sobre cómo y por qué ocurren los cambios de estado, cuando varía la temperatura.
- Concreta las semejanzas y diferencias entre el análogo y la explicación científica, para cada cambio de estado:



CAMBIO DE ESTADO: fusión / congelación	
¿Cómo ocurre? ¿Por qué ocurre?	
Modelo Cinético Particular	
Analogía: semejanzas	
Analogía: diferencias	

CAMBIO DE ESTADO: ebullición / condensación	
	¿Cómo ocurre? ¿Por qué ocurre?
Modelo Cinético Particular	
Analogía: semejanzas	
Analogía: diferencias	

II.2. Cuestionarios para la evaluación de los aprendizajes de los alumnos

En el proyecto de investigación e innovación, para evaluar la propuesta de enseñanza, se diseñaron diferentes instrumentos de recogida de información sobre conocimientos y opiniones de los alumnos, así como de los profesores. Dos de ellos, son los que presentamos en este apartado; el primero, una prueba escrita con 6 cuestiones para el diagnóstico de los conocimientos de los alumnos en diferentes momentos del proceso de enseñanza y aprendizaje, antes de su inicio, tras su conclusión y tres meses después; el segundo, un cuestionario con 6 ítems para recabar la valoración de los alumnos sobre las analogías como recurso didáctico.

La prueba escrita para el diagnóstico de conocimientos plantea a los alumnos situaciones conocidas por ser familiares o haber formado parte de sus experiencias escolares. Dichas situaciones versan sobre las propiedades de sólidos, líquidos y gases (cuestión 2), sobre los fenómenos de difusión (cuestión 3), compresión (cuestión 4) y dilatación (cuestión 1), y sobre los cambios de estado (cuestiones 5 y 6). En cada caso, se les pide una explicación macroscópica, en un formato cerrado, al tener que elegir un ítem entre cuatro pero con la posibilidad de dar su propia explicación si eligen el cuarto ítem. También, en un formato abierto, se les pide una explicación microscópica en términos de partículas y una representación simbólica del fenómeno a nivel micro. En el diseño de la prueba, las diferentes cuestiones se planteaban en hojas diferentes para que el espacio no fuera un impedimento. Obviamente, con este instrumento se pretende recabar evidencias sobre los aprendizajes tras la implementación de la propuesta de enseñanza diferenciando la progresión en los tres niveles de conocimiento: macro, micro y simbólico.

También, dada la relevancia que tienen las analogías en la propuesta de enseñanza y la novedad de su tratamiento, se ha querido contar con la valoración de los alumnos desde diferentes criterios: interés, complejidad, adecuación temporal, utilidad para imaginar el nivel micro y utilidad para comprender la agregación y cambios de estado.

II.2.1 Cuestionario para el diagnóstico de conocimientos de los alumnos sobre los estados de agregación de la materia y los cambios de estado

¿Qué sabemos sobre la materia?

Alumno/a Curso

Centro

Sabemos que la materia tiene unas propiedades que nos sirven para reconocer lo que está ocurriendo en situaciones conocidas, por ejemplo, cuando olemos una colonia o hervimos agua. También sabemos que estos fenómenos pueden ser explicados considerando que la materia, a nivel microscópico, esta constituida por partículas extremadamente pequeñas.

En las siguientes cuestiones, elige la opción que mejor describe cómo se comporta la materia.

• Cuestión 1

Cuando medimos la temperatura con un termómetro en el laboratorio observamos que, cuando se calienta, sube el mercurio por el tubo capilar (tubito).

- El mercurio sube porque al aumentar la temperatura aumenta su volumen inicial.
 - Con el calor, el mercurio se mueve hacia arriba, ya que se estira por el capilar (tubito), pero su volumen no cambia.
 - Sólo el mercurio, y otros pocos líquidos, tienen la propiedad de medir la temperatura porque suben por el capilar al aumentar el calor.
 - Ninguna de las anteriores, creo que
-
-

A nivel microscópico, explica qué hacen o cómo se comportan las partículas en la opción que has señalado y represéntalo con un dibujo.

• **Cuestión 2**

Para coger una moneda utilizamos los dedos. Para coger azúcar utilizamos una cuchara. Para coger agua utilizamos un vaso.

- Aquellas cosas que cogemos con los dedos decimos que son sólidos, mientras que si utilizamos una cuchara o vaso decimos que son líquidos.
- Todos los sólidos tienen forma propia, aunque existan diferencias en el tamaño. Mientras que todos los líquidos se acomodan al recipiente que los contiene.
- Tener o no forma propia es una propiedad que no sirve para diferenciar los sólidos de los líquidos.
- Ninguna de las anteriores, creo que
.

A nivel microscópico, explica qué hacen o cómo se comportan las partículas en la opción que has señalado y represéntalo con un dibujo.

• **Cuestión 3**

La colonia es un líquido que contiene perfume. Al abrir un frasco de colonia lo olemos, incluso sin necesidad de acercarnos al tarro a la nariz.

- La colonia se convierte en gas. Al abrir el frasco el perfume se difunde por el aire hasta que llega a la nariz y olemos su aroma.
- El perfume se convierte en gas. Al abrir el frasco y respirar el aire se crea un vacío que es ocupado por el perfume, llegando así a la nariz.
- El olor del perfume es una esencia que se desprende y llega a nuestra nariz porque es ligero.
- Ninguna de las anteriores, creo que
.

A nivel microscópico, explica qué hacen o cómo se comportan las partículas en la opción que has señalado y represéntalo con un dibujo.

• **Cuestión 4**

Subir y bajar el émbolo de una jeringuilla con aire o agua resulta fácil con la salida abierta. Sin embargo, si taponamos la salida con la mano o con un corcho, comprobamos que el émbolo de la jeringuilla con aire lo podemos bajar un trozo pero no podemos hacerlo si contiene agua.

- El aire no ocupa espacio, así es posible bajar el émbolo aunque la salida esté cerrada. Sin embargo, el agua ocupa espacio por lo que no es posible que baje cuando apretamos.
- El agua y el aire ocupan un espacio fijo, proporcional a la cantidad que tengamos. Pero, los líquidos no se pueden comprimir mientras que los gases sí.
- El agua y el aire ocupan un espacio que no puede cambiar para el agua porque los líquidos tienen volumen propio mientras si varía para el aire porque los gases no tienen volumen propio.
- Ninguna de las anteriores, creo que

A nivel microscópico, explica qué hacen o cómo se comportan las partículas en la opción que has señalado y represéntalo con un dibujo.

• **Cuestión 5**

Calentamos un cazo con agua hasta que comienza a humear y aparecen pequeñas burbujas que suben a la superficie. Poco a poco, la cantidad de burbujas va siendo mayor, se hacen más grandes y termina hirviendo a borbotones.

- El humo que se forma en la superficie es vapor de agua pero las burbujas están formadas por el aire que contiene el agua.
- El humo de la superficie es vapor de agua y las burbujas que se forman en el interior cuando hierve también contiene el mismo gas.
- El humo de la superficie es vapor de agua pero las burbujas que se forman contienen aire, hidrógeno y oxígeno, en diferente proporción según el valor de la temperatura.
- Ninguna de las anteriores, creo que

A nivel microscópico, explica qué hacen o cómo se comportan las partículas en la opción que has señalado y represéntalo con un dibujo.

• **Cuestión 6**

Sacamos hielo del congelador, lo picamos y lo dejamos en un vaso al sol con un termómetro dentro. Poco a poco el hielo va derritiéndose hasta que todo cambia a agua líquida.

- Mientras dura la fusión del hielo, la temperatura que se mide con un termómetro es de 0°C y permanece constante.
- Mientras dura la fusión del hielo, la temperatura que mide el termómetro no siempre es 0°C pues depende de la cantidad de hielo que se funde.
- La temperatura a la que comienza a fundir el hielo es 0°C pero, mientras dura la fusión, irá aumentando con el calor que recibe del sol.
- Ninguna de las anteriores, creo que
.

A nivel microscópico, explica qué hacen o cómo se comportan las partículas en la opción que has señalado y represéntalo con un dibujo.

II.2.2 Cuestionario para la valoración de los alumnos sobre las analogías como recurso didáctico

Alumno/a

Curso

Centro

Para explicar las semejanzas y diferencias entre sólidos, líquidos y gases, y para analizar los diferentes cambios de estado de la materia, hemos imaginado cómo es la materia en el nivel submicroscópico.

Para ello hemos utilizado las analogías: el batallón militar en formación para el estado sólido, la celebración de una fiesta para el estado líquido, el partido de fútbol para el estado gaseoso y la clase de educación física para los cambios de estado.

Dado que no es habitual utilizar analogías en las clases de ciencias, nos gustaría tener tu opinión sobre lo que te han parecido las analogías. Por favor, responde sinceramente.

1. Cuando hemos utilizado las analogías **me han resultado amenas:**

- a) Mucho b) Bastante c) Regular d) Poco e) Nada

2. Las analogías utilizadas **me han resultado fáciles de entender:**

- a) Mucho b) Bastante c) Regular d) Poco e) Nada

3. El tiempo dedicado a las analogías **me ha parecido adecuado:**

- a) Mucho b) Bastante c) Regular d) Poco e) Nada

4. Las analogías utilizadas **me han ayudado a imaginar mejor el modelo particular de la materia:**

- a) Mucho b) Bastante c) Regular d) Poco e) Nada

5. Las analogías utilizadas **me han ayudado a comprender mejor las propiedades y cambios de los estados de agregación de la materia:**

- a) Mucho b) Bastante c) Regular d) Poco e) Nada

6. Mi opinión sobre las analogías se resume en la siguiente frase:

.
.
.
.
.
.

Conclusiones

La propuesta de enseñanza, objeto de esta publicación, ha sido diseñada, implementada y evaluada por un grupo de profesores de secundaria y universidad. Básicamente, pretende mejorar el aprendizaje de los alumnos sobre un tópico fundamental, los estados de agregación y cambios de estado, para introducir a los alumnos de secundaria en el conocimiento químico de la materia. Aunque dicho conocimiento debe asociarse necesariamente a dos conceptos estructurantes, los de sustancia pura y cambio químico, que no forman parte de los contenidos de enseñanza de este tópico, decimos que es fundamental porque dentro del currículo escolar, habitualmente, es la primera ocasión donde se plantea a los alumnos el reto de mirar la materia desde una perspectiva científica. Dicha perspectiva requiere conjugar tres niveles en el estudio de la materia: el macroscópico, submicroscópico y simbólico pero, tal como evidencia la investigación educativa, los alumnos tienen serias dificultades para comprender los marcos teóricos del nivel submicroscópico (átomos, moléculas, enlaces, redes...) y, consecuentemente, para establecer relaciones entre los diferentes niveles. Sin duda, la teoría cinética-molecular es la menos compleja de cuantas se abordan en la química escolar en el nivel submicroscópico (teoría atómica, teoría atómica-molecular, teoría del enlace químico, teoría del complejo activado...) y, más allá de conocer sus postulados, debe servir para que los alumnos reconozcan el papel de las teorías que queremos que aprendan acerca de la materia.

El diseño de la propuesta de enseñanza está fundamentado en el conocimiento didáctico actual acerca de la química y en el conocimiento profesional de un grupo de profesores de secundaria con muchos años de experiencia docente. Básicamente, el primero nos ha permitido profundizar en qué es una analogía y cómo debe utilizarse para buscar soluciones a los problemas de aprendizaje de los alumnos en el nivel submicroscópico; el segundo ha dirigido la selección, y puesta a punto, de las actividades de enseñanza para el desarrollo en el aula de los contenidos sobre los estados de agregación y cambios de estado. Durante el proceso de diseño de la propuesta de enseñanza se han integrado situaciones didácticas novedosas para los profesores, como el tratamiento de las analogías, con otras más habituales como explicaciones del profesor o la realización de experimentos demostrativos. Aunque la extensión de la propuesta diseñada fue mayor que el dedicado habitualmente a este tópico, todas las actividades fueron consideradas necesarias, viables y, a priori, adecuadas para el tiempo previsto inicialmente (8 sesiones). En cualquier caso, la propuesta de enseñanza no era un guión cerrado sino debía entenderse como una hipótesis de trabajo para el aula, es

decir, como la mejor solución a los problemas habituales de enseñanza y aprendizaje; una hipótesis de trabajo abierta a las modificaciones que los profesores pudieran entender necesarias para completar su desarrollo en el aula.

La implementación de la propuesta de enseñanza se ha realizado con total autonomía por cinco profesores de IES distintos y con ocho grupos de 3º de ESO. Por razones de calendario, el momento ha sido diverso, en unos casos antes o después de las vacaciones de navidad, en otros con las vacaciones en medio del desarrollo de la propuesta. Como consecuencia, durante la implementación, dos profesores decidieron modificar la secuencia de algunas actividades para adecuarla al calendario; otros cambiaron el trabajo en grupo de algunas actividades por trabajo en parejas para hacerlas más operativas; todos prescindieron de los experimentos (A10) que se había previsto realizar en la fase de aplicación. A pesar de ello, todos los profesores comparten que el grado de seguimiento de la propuesta de enseñanza planificada ha sido alto, y todos han completado las actividades específicas (A7, A8 y A9) dedicadas a las analogías. Cabe destacar que en dos clases los alumnos inventaron analogías (aficionados entrando a un campo de fútbol; actividad de una familia en un camping durante el día y la noche) para explicar los cambios de estado como alternativa a la clase de educación física, lo que denota que dándoles oportunidades los alumnos activan su capacidad de razonamiento analógico.

La evaluación de la propuesta de enseñanza, básicamente, de momento ha permitido valorar el proceso de enseñanza y tomar decisiones para mejorar el diseño inicial. El primer resultado ha sido asumir que la propuesta diseñada requiere un número mayor de sesiones que las contempladas inicialmente; por ello, en esta publicación, la propuesta se presenta con un requerimiento temporal de diez sesiones, dos más de las previstas en la fase de diseño. Sin embargo, para una de las profesoras del grupo, esta decisión tiene un inconveniente importante: reducir más el tiempo de la asignatura para otros contenidos y no poder completar el libro de texto, algo que reprochan los padres de los alumnos. Sabemos que este inconveniente es una preocupación para muchos profesores cuando llevan a cabo innovaciones didácticas, buscando soluciones a los problemas del aula, que requieren más tiempo del utilizado habitualmente. En definitiva, se trata de un viejo dilema al que deben enfrentarse los profesores, la calidad frente a la cantidad de la enseñanza y de los aprendizajes, que requiere una respuesta personal como ilustra el siguiente comentario de otra profesora: ...es preferible trabajar menos contenidos pero de esta forma, haciendo que los alumnos piensen...ellos (los alumnos) se lo pasan mejor y lo valoran de forma positiva. Otro cambio que se asume conveniente es trabajar en parejas y gran grupo como alternativa al trabajo en pequeño grupo para agilizar el desarrollo de las actividades y optimizar el tiempo disponible. En cualquier caso, todos los profesores que han implementado la propuesta valoran positivamente, aunque en diferente grado, su comprensión de la propuesta, la compatibilidad de la misma con sus ideas sobre la enseñanza, la adecuación al nivel de los alumnos de 3º de ESO, su viabilidad en el aula en condiciones normales y el interés de la misma para la enseñanza de las ciencias. También consideran necesario disponer del conocimiento didáctico sobre qué son y cómo se utilizan las analogías en la enseñanza de las ciencias para implementar la propuesta, así como que cualquier profesor dispuesto a trabajar puede llevar la propuesta al aula con los materiales de la presente publicación.

Nos ha parecido importante prestar atención a la valoración que los alumnos realizan de las analogías para establecer conclusiones sobre su pertinencia. Por ello, tras la conclusión del desarrollo de la propuesta en el aula, hemos pedido a los alumnos que valoren si las analogías han resultado

amenas, fáciles de entender, adecuadas al tiempo empleado, útiles para imaginar el modelo cinético particular, y útiles para comprender mejor las propiedades y cambios de los estados de agregación. Los resultados muestran que la mayor parte de los alumnos valoran positivamente todos los criterios señalados, aunque en diferente grado, con opiniones como las siguientes:

Verónica: Me ha parecido muy bien, es entretenido pero se ha hecho un poco pesado el libro que nos distes ¡Ha estado muy bien!

Lola: Pues que con los ejemplos de los soldados y los jugadores de fútbol me ha resultado más fácil entenderlas.

Guillermo: Creo que establecer una analogía ayuda a comprender y a imaginar el comportamiento de las partículas en distintas situaciones pero que se ha utilizado un tiempo excesivo en la analogía.

Nerea: Las analogías me parecen una buena idea porque me han ayudado a entender mejor cómo se comportan las partículas.

Fuensanta: Me resultó fácil entender los cambios de estado, gracias a las analogías, era fácil de imaginar.

Marina: Me parecieron muy fáciles de entender, hicieron las clases mucho más amenas.

Aitor: Me parecen interesantes pero un poco aburridas.

David: Me ha parecido un poco rollo, pero bastante bien explicado y lo he entendido muy bien.

Otros alumnos no las consideran necesarias, al menos para ellos:

Mohamed: Que son una pérdida de tiempo porque sólo con los dibujos de las partículas basta.

Marcos: Las analogías me han resultado fáciles, aunque sin ellas lo podría haber entendido, pero me ha ayudado a aclararme.

Alberto: Me parecen buena idea para los que les cuesta comprender este tema pero en mi opinión, para mi no me haría falta utilizar estas analogías y el tiempo que hemos empleado en ellas por culpa de la actitud de la clase ha sido excesivo y, por tanto, aburrido.

Las opiniones de los alumnos muestran algo que los profesores saben bien, que existen alumnos con diferentes capacidades, que el aprendizaje es un proceso personal y lo que vale para unos estudiantes puede ser un inconveniente para otros. Por ello, al completar el ciclo de diseño, desarrollo y evaluación, cualquier propuesta de enseñanza debe ser cuestionada y estar abierta a cambios que la hagan más eficaz para todos los alumnos. Pero, ante todo, el gran reto al que debe enfrentarse cualquier profesor es conseguir que todos los alumnos aprendan, incluidos los menos capaces, sobre todo en los niveles de educación obligatoria.

Referencias bibliográficas

- ADURIZ-BRAVO, A., GOMEZ, A., MARQUEZ, C. y SANMARTI, N. (2005). La mediación analógica en la ciencia escolar. Propuesta de la función modelo teórico. *Enseñanza de las Ciencias*, número extra, VII Congreso.
- ARAGON, M.M., OLIVA, J.M., BONAT, M. y MATEO, J. (2005). Un estudio sobre las relaciones entre pensamiento analógicos y modelos mentales de los alumnos sobre la materia. *Enseñanza de las Ciencias*, número extra, VII Congreso.
- CAAMAÑO, A. (2003). La enseñanza y el aprendizaje de la química. En M.P. Jiménez (coord.), *Enseñar Ciencias*. Barcelona: Grao.
- COLL, R.K., FRANCE, B. and TAYLOR, I. (2005). The role of models/and analogies in science education: implications from research. *International Journal of Science Education*, 27(2), pp.183-198.
- DAGHER, Z. (1995). Review of studies on the effectiveness of instructional analogies in science education. *Science Education*, 79 (3), pp. 295-312.
- DUIT, R. (1991). On the role of analogies and metaphors in learning science. *Science Education*, 75, pp. 649-672.
- FERNANDEZ, J. y ELORTEGUI, N. (2005). Orientaciones y dificultades para la aplicación en el aula de la relación analógica en los modelos de las ciencias. *Enseñanza de las Ciencias*, número extra, VII Congreso.
- GABEL, D. (1999). Improving teaching and learning through chemistry education research: a look to the future. *Journal of Chemical Education*, 76 (4), pp.548-554.
- GALAGOVSKY, L. y ADURIZ-BRAVO, A. (2001). Modelos y analogías en la enseñanza de las ciencias naturales. El concepto de modelo didáctico analógico. *Enseñanza de las Ciencias*, 19 (2), 231-242.
- GARNETT, P.J. and HACKLING, M.W. (1995). Students' alternative conceptions in chemistry: A review of resarch and implications for teaching and learning. *Studies in Science Education*, 25, pp.69-95.

- GENTNER, D.(1983). Structure-Mapping: a Theoretical Framework for Analogy. *Cognitive Science*, 7, pp. 155-170.
- GLYNN, S. (1995). Conceptual Bridges. Using analogies to explain scientific concepts. *Science Teacher*, 62(9), pp. 25-27.
- GLYNN, S., DUIT, R. and THIELE, R. (1995). Teaching with analogies: A strategy for constructing knowledge. *Learning science in the schools: Research reforming practice*. S. Glynn & R. Duit (Eds.), Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum Associates, pp. 247-273.
- GONZALEZ, B.M. (2002). *Las analogías en el proceso de enseñanza – aprendizaje de la Ciencias de la Naturaleza*. Tesis Doctoral. La Laguna: Servicio de Publicaciones de la Universidad de La Laguna.
- HIERREZUELO, J. y MONTERO, A. (1991). *La ciencia de los alumnos. Su utilización en la didáctica de la física y química*. Vélez – Málaga: Ezelvir.
- IZQUIERDO, M. y ADURIZ-BRAVO, A. (2005). Los modelos teóricos para la ciencia escolar. Un ejemplo de Química. *Enseñanza de las Ciencias*, número extra, VII Congreso.
- LAWSON, A. (1993). The Importance of Analogy: A Prelude to the Special Issue. *Journal of Research in Science Teaching*, 30 (10), pp. 1213-1214.
- LLORENS, J.A. (1991). *Comenzando a aprender química. De las ideas alternativas a las actividades de aprendizaje*. Madrid: Visor.
- OLIVA, J.M. (2006). Actividades para la enseñanza/aprendizaje de la química a través de analogías. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 3(1), pp.104-114.
- OLIVA, J.M. (2008). Qué conocimientos profesionales deberíamos tener los profesores de ciencias sobre el uso de las analogías. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 5(1), pp.15-28.
- OLIVA, J.M., ARAGON, M.M., BONAT, M. y MATEO, J. (2003). Un estudio sobre el papel de las analogías en la construcción del modelo cinético-molecular de la materia. *Enseñanza de las Ciencias*, 21 (3), 429-444.
- OLIVA, J.M., ARAGON, M.M., MATEO, J. y BONAT, M. (2001). Una propuesta didáctica, basada en la investigación, para el uso de analogías en la enseñanza de las ciencias. *Enseñanza de las Ciencias*, 19 (3), 453-470.
- POZO, J.I. y GOMEZ CRESPO, M.A. (1998). *Aprender y enseñar ciencia*. Madrid: Morata.
- POZO, J.I., GOMEZ CRESPO, M.A., LIMON, M. y SANZ, A. (1991). *Procesos cognitivos en la comprensión de la ciencia: Las ideas de los adolescentes sobre la química*. Madrid: CIDE-MEC.
- REIGELUTH, C. (1983). Meaningfulness and instruction: Relating what is being learned to what a student knows. *Instructional Science*, 12, pp. 197-218.
- SANCHEZ, G. y VALCARCEL, M.V. (2003): Los modelos en la enseñanza de la química: concepto de sustancia pura. *Alambique*, 35, pp.45-52.

- SANCHEZ, G., VALCARCEL, M.V., GONZALEZ, B.M. y PRO, A. (2008). Diseño de una propuesta didáctica: uso de varias analogías para la comprensión del modelo cinético – particular. *Actas XXIII Encuentros de Didáctica de las Ciencias Experimentales*, pp. 803-815. Almería: Universidad de Almería.
- SANCHEZ, G., VALCARCEL, M.V., GONZALEZ, B.M. y PRO, A. (2009). El uso de analogías. La comprensión del modelo cinético-particular. *Novedades Educativas*, nº 225, pp. 55-61.
- SANMARTÍ, N. (2009). *Didáctica de las ciencias en la educación secundaria obligatoria*. Madrid: Síntesis.
- VALCÁRCEL, M.V. y SÁNCHEZ, G. (2000). La formación del profesorado en ejercicio. En Perales y Cañal (dir). *Didáctica de las ciencias experimentales* (pp. 557-581). Alcoy: Marfil.
- VALCÁRCEL, M.V, SÁNCHEZ, G. y RUIZ, M. (2000). El estudio del átomo en la educación secundaria. *Alambique*, 26, pp.83-94.
- VALCÁRCEL, M.V., SÁNCHEZ, G. y ZAMORA, A. (2005). Conocimiento de los alumnos de ESO y Bachillerato (14-18) sobre el Modelo Iónico del Enlace Químico. *Enseñanza de las Ciencias*, número extra, VII Congreso.
- WONG, D. (1993). Understanding the Generative Capacity of Analogies as a Tool for Explanation. *Journal of Research in Science Teaching*, 30 (10), pp.1259 -1272.
- THIELE, R.B., and TREAGUST, D.F. (1995). Analogies in chemistry textbooks. *International Journal Science Education*, v17, nº6, 783-795.
- ZOOK, K. and DI VESTA, F. (1991). Instructional Analogies and Conceptual Misrepresentations. *Journal of Educational Psychology*, 83(2), pp. 246-252.

Estados agregación de la materia

Nos encontramos con una guía didáctica para el profesor consistente en una propuesta de enseñanza contextualizada para el currículo de 3º de E.S.O. donde se explicitan los contenidos previos que han debido estudiar los alumnos. Se delimita y justifica el contenido de la propuesta de enseñanza sobre los estados de agregación de la materia y los cambios de estado y la secuencia del contenido. El programa guía de actividades se concreta mediante la presentación de las fases de iniciación, desarrollo, aplicación y conclusión.

Destacar que los materiales didácticos de los alumnos se contemplan las “hojas de trabajo del alumno” y los “cuestionarios para la evaluación de los aprendizajes de los alumnos”.

Para concluir se incluyen las valoraciones personales de los alumnos y alumnas sobre el desarrollo de la propuesta: novedades, dificultades y logros.

