
Apreniendo la densidad a través de sus causas microscópicas. Propuesta de innovación educativa para la ESO

TRABAJO FIN DE MASTER 2018/2019

MASTER DE PROFESORADO DE EDUCACIÓN SECUNDARIA. ESPECIALIDAD FÍSICA Y QUÍMICA.

UNIVERSIDAD PÚBLICA DE NAVARRA

Irantzu Uriz Doray
Tutora | María Napal

Resumen/Abstract

La densidad, a pesar de ser un concepto que es fundamental en varias disciplinas relacionadas con las ciencias básicas, ocasiona muchas dificultades de comprensión. Se trata de un concepto abstracto, que los alumnos y alumnas suelen interpretar como demasiado teórico y alejado del uso en su realidad cotidiana. Esto resulta en una comprensión de la densidad superficial en la que, generalmente, queda limitada a la aplicación de una fórmula matemática para calcular su valor numérico.

Este trabajo persigue desarrollar una propuesta de innovación educativa para la mejora del proceso de enseñanza-aprendizaje de la materia y la densidad. Para ello, se diseñan e implementan en aula una serie de actividades fundamentadas en trabajar, por un lado, las causas microscópicas de la densidad y, por otro, la causalidad relacional intrínseca de la densidad.

Se ha visto que para llegar a alcanzar un conocimiento significativo de lo que es la densidad, es necesario profundizar en el conocimiento de la naturaleza microscópica de la materia, utilizar modelos representativos adecuados y realizar experiencias de laboratorio significativas y cercanas al alumnado. Además, todo esto debe ir acompañado de metodologías activas que mejoren los procesos de reflexión y razonamiento del alumnado.

Contenido

Introducción.....	1
Marco teórico.....	2
El concepto de densidad y limitaciones que dificultan su comprensión	2
Metodologías de aprendizaje activas. Aprendizaje por indagación	7
Justificación y objetivos generales del TFM.....	9
Metodología	11
Resultados.....	22
Ideas previas.....	22
Desarrollo del proceso de indagación	39
Prueba de evaluación	45
Conclusiones.....	50
Ideas previas.....	50
Desarrollo del proceso de indagación	51
Prueba de evaluación	52
Conclusiones generales y propuestas de mejora	53
Bibliografía	55
Anexos.....	57
ANEXO 1 Cuestionario original de ideas previas realizado mediante Google Forms	58
ANEXO 2 Fichas de trabajo actividad 1	63
ANEXO 3 Fichas de trabajo actividad 2.....	68
ANEXO 4 Prueba de evaluación	70

Introducción

Este trabajo se enmarca dentro del desarrollo del Master de Profesorado de Secundaria de la Universidad Pública de Navarra, para dar fin a los estudios recibidos mediante la demostración de las capacidades y conocimientos adquiridos en el mismo.

En concreto, se trata de un trabajo de investigación desarrollado durante las sesiones de practicum de la especialidad de física y química en un centro público del modelo D (solo se imparte docencia en euskara) de la comarca de Pamplona, Navarra. En concreto, el trabajo se desarrolla en tres grupos del segundo curso de la ESO.

El desarrollo del trabajo se divide en tres fases. Inicialmente, se realizó una encuesta para analizar las ideas previas y dificultades de comprensión sobre la naturaleza de la materia y la densidad. Después se propuso y se puso en práctica durante 4 sesiones una serie de actividades para la mejora de algunos aspectos de la enseñanza de la densidad. Finalmente, se evaluó el conocimiento generado por el alumnado tras la propuesta mediante una prueba de evaluación llevada a cabo en una última sesión.

La presente memoria recoge todo el trabajo de investigación llevado a cabo y su posterior análisis. Para ello, en el marco teórico se sientan las bases de conocimientos y justificación del trabajo; a continuación, se detallan los aspectos metodológicos de la puesta en práctica en aula y se muestran los resultados obtenidos; para finalizar comentando a modo de conclusión los aspectos más relevantes del estudio. En la parte final de la memoria también se pueden encontrar los recursos originales utilizados para realizar las sesiones en aula, como Anexos.

Marco teórico

El concepto de densidad y limitaciones que dificultan su comprensión

La densidad se define como la magnitud que expresa la relación entre la masa y el volumen de un cuerpo ($d=m/V$), siendo su unidad en el Sistema Internacional kilogramo por metro cúbico (kg/m^3). Se trata de una propiedad específica de cada sustancia, dado que tiene un único valor cuando el resto de variables como la presión o la temperatura no varían. Es además, una propiedad intensiva que hace referencia a la concentración de materia, y por ello, depende de la composición y de la configuración de la estructura atómica.

Entender qué es la densidad, resulta esencial para comprender y dar explicación a numerosos fenómenos del entorno natural que construyen leyes físicas, químicas y/o biológicas. De esta manera, podemos tener una de las herramientas académicas básicas para interpretar la flotabilidad, el funcionamiento de las corrientes de convección en océanos, interior de la tierra o en la atmósfera, fenómenos meteorológicos, estratificación acuática, etc. Asimismo, sirve para diferenciar sustancias y predecir comportamientos y, en consecuencia, prever su posible utilidad.

A pesar de ello, la densidad es un concepto que suscita muchas dificultades de comprensión, principalmente debido a que requiere de cierto nivel de pensamiento abstracto. Así, el concepto de densidad, mantiene una causalidad que no es obvia, dado que no depende únicamente de la masa o del tamaño del cuerpo, que son aspectos que "atraen" la atención del estudiante (Grotzer, Houghton, & Basca, 2005), sino de la relación causal entre las dos variables.

Varios estudios realizados previamente (Insausti, Ibarra, & Echeverría, 2015; Napal & Ibarra, 2016; Napal Fraile, Ibarra, & Echeverría, 2016) sugieren que la estimación intuitiva que realizan los alumnos de la densidad depende principalmente de la percepción (peso percibido, tamaño o viscosidad). Es por ello que es habitual que piensen en la densidad como una propiedad extensiva, que sí depende de la cantidad de materia. De hecho, la idea intuitiva más estudiada ha sido la identificación de la densidad con el peso (Maclin, Grosslight, & Davis, 1997); Grotzer et al., 2005).

Además de las dificultades señaladas, también se han encontrado limitaciones en la asimilación de los conceptos de masa, volumen y densidad asignando características propias de uno a otro, además de no llegar a establecer las relaciones entre las tres variables incluso a nivel universitario (Raviolo, Moscato, & Schnersch, 2005).

Es habitual también pensar que los objetos más ligeros están “reellenos de aire”, en lugar de atribuir este fenómeno a que estén hechos de una sustancia de menor densidad (Grotzer et al., 2005). Además, tienen dificultades a la hora de predecir cambios en la densidad respecto al estado de agregación o los cambios respecto a la temperatura o presión.

Estos aspectos requieren de un nivel de comprensión competente sobre la estructura de la materia que no siempre suelen alcanzar. Algunas ideas intuitivas resultan de la extrapolación de las propiedades macroscópicas a las microscópicas. A modo de ejemplo, los átomos de cobre deberían de tener un color rojizo o que mismas moléculas de agua puedan evaporarse (Gómez Crespo, Pozo, & Gutiérrez Julián, 2004). Resulta habitual también, concebir la materia como algo continuo, estático y sin espacios vacíos (Trinidad-Velasco & Garritz, 2003). Ciertamente es que comprender la naturaleza corpuscular de la materia no parece tan complejo como utilizarla para explicar fenómenos de la vida cotidiana, como por ejemplo, los cambios de estado de la materia (Gómez Crespo et al., 2004).

Comprender la densidad requiere de la construcción de un modelo científico, más allá de las concepciones intuitivas a las que recurrimos de manera natural cuando se carece de él. Estas concepciones, percibidas a través de los sentidos (como la masa o el volumen de objetos) y construidas en base a la interpretación que hacemos del mundo, se caracterizan por estar estructuradas de una forma que difiere de las estructuras de las teorías científicas. Sin embargo, el conocimiento científico no trata de sustituir unas ideas por otras, sino integrarlas jerárquicamente de manera que ayuden a redefinir y dar sentido a esas representaciones intuitivas de naturaleza implícita (Pozo, 2002).

Algunas indicaciones didácticas

Esta persistencia en los obstáculos de aprendizaje de la densidad podría ocurrir en parte debido a un desarrollo de la instrucción o secuenciación de aprendizaje inadecuado.

Haciendo referencia a la parte más formal del aprendizaje, en la Tabla 1 se han identificado los contenidos, criterios de evaluación y estándares

de aprendizaje evaluables que tienen relación con la naturaleza de la materia y la densidad para diferentes cursos académicos de la ESO (Real Decreto 1105/2014, de 26 de diciembre, por el que se establece el currículo básico de la Educación Secundaria Obligatoria y del Bachillerato, 2014). Se puede ver como en la secuenciación de instrucción sobre la densidad y la naturaleza de la materia propuesta en el currículo de ESO, únicamente se menciona este concepto en 2º de la ESO en el bloque de La materia, haciendo referencia solamente a su cálculo numérico a partir de la masa y el volumen (obtenidos de manera experimental).

En cuanto a la comprensión de la naturaleza de la materia, y como ya se ha comentado en el apartado anterior, una parte importante hace referencia a los postulados de la teoría cinético-molecular. Es decir, comprender la densidad, exige la integración de la visión macroscópica y microscópica de la materia (Hitt, 2005). Volviendo a hacer referencia al currículo de la ESO, en la Tabla 1 se puede observar que en 2º de la ESO por primera vez se menciona esta teoría y se utiliza para justificar los cambios de estados de la materia.

En cuanto a los libros de texto en esta etapa educativa (2º y 3º de la ESO), un estudio reciente (Palacios-Díaz & Criado, 2017), revela que suelen presentar carencias en cuanto a los conceptos de masa, volumen y densidad, sin tener en cuenta las concepciones intuitivas del alumnado. Además, en general, se trabaja el concepto de densidad como una fórmula matemática que no va acompañada de una explicación física del fenómeno.

Otras carencia de los libros de texto a destacar, tienen relación con la poca presencia o presencia anecdótica de actividades experimentales, perdurando un aprendizaje basado en la teoría. Estudios realizados recientemente (Napal Fraile, Echeverría Morrás, Zulet, Santos Cervera, & Ibarra Murillo, 2017) defienden que alcanzar un conocimiento profundo sobre la densidad depende fuertemente de la percepción directa de las variables implicadas, masa y volumen, y que por lo tanto, su aprendizaje debe basarse en la experimentación directa. Resulta necesario, además, reconciliar la experiencia cotidiana de la materia con la científica, evitando que se perciba la densidad como un concepto demasiado teórico para aplicarlo en la vida real.

Tabla 1 Contenidos, Criterios de evaluación y Estándares de aprendizaje evaluables seleccionados del currículo de Educación Secundaria y Bachillerato (Real Decreto 1105/2014)

Física y Química. 2º ESO		
Bloque 2. La materia		
Contenidos	Criterios de evaluación	Estándares de aprendizaje evaluables
Propiedades de la materia. Estados de agregación. Cambios de estado. Modelo cinético-molecular. Estructura atómica. Modelos atómicos.	1. Reconocer las propiedades generales y características específicas de la materia y relacionarlas con su naturaleza y sus aplicaciones. 2. Justificar las propiedades de los diferentes estados de agregación de la materia y sus cambios de estado, a través del modelo cinético-molecular. 5. Reconocer que los modelos atómicos son instrumentos interpretativos de las distintas teorías y la necesidad de su utilización para la interpretación y comprensión de la estructura interna de la materia.	1.1. Distingue entre propiedades generales y propiedades características de la materia. 1.3. Describe la determinación experimental del volumen y de la masa de un sólido y calcula su densidad . 2.1. Justifica que una sustancia puede presentarse en distintos estados de agregación dependiendo de las condiciones de presión y temperatura en las que se encuentre. 2.2. Explica las propiedades de los gases, líquidos y sólidos utilizando el modelo cinético-molecular. 2.3. Describe e interpreta los cambios de estado de la materia utilizando el modelo cinético-molecular y lo aplica a la interpretación de fenómenos cotidianos.
Bloque 4. El movimiento y las fuerzas		
Fuerzas de la naturaleza.	8. Conocer los tipos de cargas eléctricas, su papel en la constitución de la materia y las características de las fuerzas que se manifiestan entre ellas.	8.1. Explica la relación existente entre las cargas eléctricas y la constitución de la materia y asocia la carga eléctrica de los cuerpos con un exceso o defecto de electrones
Física y Química. 3º ESO		
Bloque 2. La materia		
Contenidos	Criterios de evaluación	Estándares de aprendizaje evaluables
Uniones entre átomos: moléculas y cristales.	4. Conocer cómo se unen los átomos para formar estructuras más complejas y explicar las propiedades de las agrupaciones resultantes	4.2. Explica cómo algunos átomos tienden a agruparse para formar moléculas
Física y Química. 4º ESO		
Bloque 2. La materia		
Contenidos	Criterios de evaluación	Estándares de aprendizaje evaluables
Fuerzas intermoleculares.	7. Reconocer la influencia de las fuerzas intermoleculares en el estado de agregación y propiedades de sustancias de interés...	7.1. Justifica la importancia de las fuerzas intermoleculares en sustancias de interés como el agua y el amoníaco, por ejemplo. 7.2. Relaciona la intensidad y el tipo de las fuerzas intermoleculares con el estado físico.

Dentro de esta estrategia, puede ser favorable la introducción de modelos conceptuales. En el caso de la densidad, varios estudios han analizado la influencia de utilizar modelos analógicos con el objetivo de conseguir un cambio conceptual más cercano al conocimiento científico (Smith, Snir, & Grosslight, 1992)(Raviolo et al., 2005). En concreto, utilizan el modelo que denominan de cuadros y puntos que asigna cuadros iguales a la unidad de volumen (u.v.) y a puntos iguales la unidad de masa (u.m.) de la sustancia. Así, la unidad de puntos por cada unidad de volumen constituye la unidad de densidad (u.m./u.v.), tal como se muestra en la Figura 1.

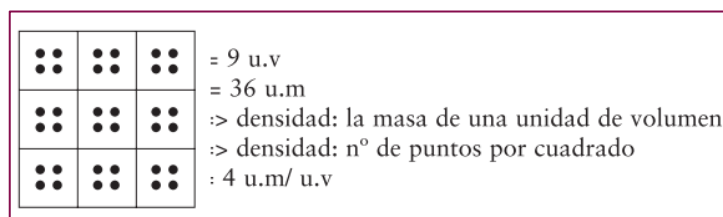


Figura 1. Presentación del modelo de cuadros y puntos (Raviolo et al., 2005)

La ventaja teórica que podría suponer la introducción de este modelo sería adquirir una mayor comprensión del concepto de densidad, además de su diferenciación de los conceptos de masa y volumen. Los estudios realizados revelan que aunque las actividades iniciales realizadas correspondientes al modelo análogo fueron realizadas correctamente por un tercio del alumnado, la transferencia de este modelo a la aplicación real de un problema relacionado con la densidad estuvo limitada por la fuerte tendencia de aplicar la fórmula de forma mecánica (Raviolo et al., 2005).

Volviendo a hacer referencia al proceso de comprensión del concepto de densidad, cabe realizar una breve reseña a la propuesta realizada por la Universidad de Harvard (Grotzer et al., 2005). Se trata de un módulo curricular distribuido en 15 lecciones que busca reflexionar sobre la *causalidad relacional* (que creen favorece una comprensión de la densidad más amplia). La causalidad implica conocer que un efecto es causado por una relación entre varios elementos de un sistema. Es decir, requiere divergir del concepto unidireccional de la causalidad, en el cual el efecto de una acción afecta únicamente en una dirección, como por ejemplo, interpretar que un objeto flota dependiendo solamente de su densidad. Las lecciones se desarrollan mediante una secuenciación de actividades basadas en la indagación, haciendo que los estudiantes observen y construyan conocimientos. Además, utiliza también el modelo de cuadros y puntos como estrategia de aprendizaje. En este caso, la idea central a desarrollar sería unir estructura a propiedades, es

decir, que la organización de los átomos puede afectar a sus propiedades macroscópicas.

Así, para comprender el concepto de densidad, se han identificado una serie de conceptos básicos previos que es necesario tener muy claros con anterioridad (Grotzer et al., 2005).

- **Comprender la naturaleza de la materia.** La materia está compuesta por átomos o partículas, entre las cuales existe un espacio vacío. La materia ocupa un espacio (tiene volumen) y tiene masa. Los gases y los líquidos son materia. La materia es medible (masa y volumen). La materia se conserva. Las moléculas no son estáticas; en los sólidos los átomos se mueven, pero están en la misma posición relativa entre ellos. En líquidos, los átomos se mueven y cambian su posición relativa mientras permanecen en contacto entre ellos. En los gases, las moléculas están prácticamente todo el tiempo solas moviéndose por el espacio vacío. El calentamiento de la materia supone un mayor movimiento de las moléculas.
- **Masa y peso.** La masa es la cantidad de materia que tiene un objeto y se mide en gramos. El peso se refiere a la cantidad de fuerza de gravedad ejercida en el objeto.
- **El volumen,** hace referencia al espacio que ocupa la materia. Se puede medir utilizando una regla o por desplazamiento de agua.

En lo que se refiere a la comprensión de la naturaleza de la materia, se ha identificado 4 grandes ideas: estructura y composición, propiedades físicas y cambios, reacciones químicas y conservación, y que además, están interrelacionadas (J C Hadenfeldt & Neumann, 2014). Sin embargo, todavía existen cuestiones por resolver en cuanto a la progresión en la comprensión de estas 4 ideas. Preguntas como: ¿cómo influye el nivel de conocimiento adquirido en una de las 4 grandes ideas en la comprensión de otra? y ¿de qué manera pueden influir componentes instruccionales específicos en la acelerar el proceso de comprensión de estas ideas de manera individual (Jan Christoph Hadenfeldt, Neumann, Bernholt, Liu, & Parchmann, 2016).

Metodologías de aprendizaje activas. Aprendizaje por indagación

Haciendo referencia a la teoría piagetiana del desarrollo del pensamiento, la densidad se considera como un concepto a asimilar en paralelo al desarrollo del pensamiento formal, capacidad que se supone a los sujetos de edades que superan los 11 años (Palacios-Díaz & Criado

García-Legaz, 2016). Sin embargo, la asimilación de este concepto no depende solamente del desarrollo del pensamiento formal, también dependerá en gran medida del estilo de enseñanza recibida.

La investigación en torno a las concepciones alternativas muestra que la enseñanza tradicional basada en la transmisión verbal y la resolución de ejercicios de forma mecánica no garantizan el aprendizaje significativo en ciencias. Por este motivo, resulta necesario aplicar otro tipo de estrategias y metodologías.

Cada vez son más los investigadores y docentes que defienden que la enseñanza de las ciencias debe incorporar actividades de investigación o de indagación escolar y secuencias didácticas que integren contextualización, modelización e indagación como una estrategia adecuada para el aprendizaje de la competencia científica (Caamaño, 2011; Couso, 2014; Cañal, García-Carmona, & Cruz-Guzmán, 2016).

El enfoque indagativo en la enseñanza de las ciencias tiene una larga tradición; de hecho, empezó a recibir atención en los años 70-80, años en que con las reformas educativas empezó a considerarse como una alternativa real en la enseñanza de las ciencias. Recientemente ha aumentado el interés por esta estrategia didáctica, que se conoce con el nombre Enseñanza de las Ciencias Basada en la Indagación (ECBI). Esta práctica consiste en la realización de actividades investigativas y su planificación previa de forma dialogada entre el profesor y el alumnado (Caamaño, 2012). Existen diversos modos para introducir la indagación en el aula, desde la realización de pequeñas actividades de indagación hasta el desarrollo de trabajos de investigación individuales o colectivos dentro de la estructura curricular.

Las actividades de indagación pueden consistir en resolución de problemas de índole teórico o práctico. Así a modo de ejemplo, en el primer caso se podrían plantear cuestiones tipo ¿cómo varía la presión al reducir el volumen de un gas? que sería una cuestión que daría pie a trabajar el modelo cinético corpuscular de los gases. En el segundo caso, se podrían plantear cuestiones que tienen más relación con aspectos Ciencia Tecnología Sociedad (CTS) del currículo como por ejemplo, ¿qué detergente es el más eficaz? que resultan en investigaciones en las que se pone más énfasis en la comprensión procedimental de la ciencia. Esto no significa que su resolución no conlleve cierta carga conceptual.

El desarrollo de una experiencia de indagación requiere atravesar varias fases (Napal Fraile & Zudaire Ripa, 2019):

1. Motivación mediante pregunta o problema
2. Conocer ideas previas del alumnado
3. Hacer predicciones y formular hipótesis

4. Planificación y ejecución de la experimentación
5. Recogida e interpretación de datos
6. Conclusiones y comunicación

La propuesta de la metodología de indagación parte de la teoría constructivista en la que se supone que el estudiante sea responsable de su propio proceso de aprendizaje, para lo que debe desarrollar un papel activo. Este proceso no es inmediato por lo que si esta metodología conlleva ciertas dificultades de implantación cuando el alumnado no está habituado. Sin embargo, su implantación puede permitir trabajar las 4 dimensiones de la competencia científica: conceptual, procedimental, epistemológico y social.

Por último, destacar la importancia de la modelización y la argumentación en el desarrollo de prácticas de indagación orientadas a ello. Los modelos son representaciones de un proceso o un fenómeno que tiene como objetivo explicar su funcionamiento. Existen diferentes tipos de modelos (mentales, físicos o matemáticos) y son la conexión entre el mundo real y las ideas, por lo que su presencia en los procesos de indagación es de alta relevancia. En lo que respecta a la argumentación, es una habilidad que requiere de mucho entrenamiento. Se trata de comunicar ideas con una base fundamentada en pruebas y se puede trabajar en cualquiera de las etapas de indagación.

Justificación y objetivos generales del TFM

Según Ausubel (1983) la mejor manera de mejorar el aprendizaje, consiste en “averiguar lo que el aprendiz ya sabe y enseñarle de acuerdo a ello”. Es cierto que es importante conocer cuáles son las ideas previas con las que el alumnado entra en clase, fruto de experiencias anteriores, pero también es cierto que no basta con esto para realizar para poder llevar a cabo un cambio conceptual.

Tal como se ha mostrado anteriormente, existen muchas publicaciones que hablan sobre las dificultades del alumnado y las limitaciones de la enseñanza tradicional o más habitual sobre la densidad. También se pueden encontrar, en menor medida, trabajos que proponen pautas para la mejora. Por el contrario es difícil encontrar trabajos en los que se realice una puesta práctica real en aula.

Este trabajo trata de aportar una experiencia real práctica, que contribuya en la mejora de la comprensión de la densidad a través de la comprensión de sus causas microscópicas.

Así pues, el objetivo principal del TFM consiste en desarrollar una propuesta de innovación educativa para la mejora del proceso de enseñanza-aprendizaje de la materia y la densidad en la ESO.

Para ello, se proponen los siguientes objetivos subordinados:

- Conocer y analizar las ideas previas del alumnado
- Llevar a cabo dicha propuesta en aula
- Evaluar la calidad de la propuesta
- Proponer nuevas estrategias de mejora de cara a futuro

Metodología

La propuesta de innovación educativa se llevó a cabo en un centro de Educación Secundaria localizado en la merindad de Pamplona, en Navarra. Se trata de un centro de modelo D, en el cuál se imparte docencia únicamente en euskara. La intervención se llevó a cabo en el 2º curso de la ESO, en 3 aulas de 22, 18 y 19 alumnos cada una. En total participaron 59 alumnos.

Cabe mencionar que antes de llevar a cabo la propuesta didáctica al aula los alumnos desarrollaron de un trabajo de investigación sobre el átomo en grupos de 2-3 personas que incluía búsqueda de información, selección de contenido (mediante un guion con preguntas concretas), realización de una presentación, y finalmente exposición oral en el aula. El objetivo de este proyecto era, por un lado, que los alumnos fuesen desarrollando capacidades de búsqueda de información, recopilación, síntesis y finalmente, de comunicación a terceros o exposición oral. Por otro lado, realizar una introducción al concepto del átomo como unidad básica de la materia, mediante unas primeras nociones sobre la estructura del átomo, la existencia de diferencias entre los átomos de los elementos de la tabla periódica, y una breve introducción a las estructuras molecular y cristalina de la materia, así como las principales propiedades de algunos materiales.

Para dar comienzo a la propuesta, se llevó a cabo una encuesta a través de Google Forms para conocer las ideas previas de los alumnos, en la cual se planteaban cuestiones acerca de la masa, el volumen y la densidad de distintos materiales, con distintas formas. En el Anexo 1 se incluye el cuestionario original completo. Para ello, se utilizaron unos kits de trabajo (Figura 2) en los que se puede encontrar el material para manipular. Para ello utilizamos una sesión completa (50 min).



Figura 2. Kit de trabajo utilizado

Las especificaciones técnicas de los objetos del kit de trabajo se resumen en la Tabla 2.

Tabla 2. Especificaciones técnicas del material de trabajo

Objeto ^(a)	Dimensiones (mm) ^(b)	Masa (g)	Volumen (cm ³) ^(c)	Densidad (g/cm ³) ^(c)
Esferas	Diámetro			
Esfera PS menor	19,1	0,09	3,65	0,02
Esfera PS mayor	27,7	0,28	11,13	0,02
Cilindros	Diámetro/Altura			
Al menor	12,0/30,4	9,25	3,44	2,69
Al mediano	12,0/40,0	12,09	4,52	2,67
Al mayor	12,0/80,0	24,25	9,05	2,68
Cu	12,0/40,3	40,31	4,56	8,84
Nylon	12,0/70,0	9,63	7,91	1,22
PVC	12,0/55,0	9,63	6,22	1,55
Cubo	Lado			
Al	30,0	75,09	27,00	2,78

^(a) Medidas de un kit de trabajo. ^(b) Medidas utilizando un calibre. ^(c) Calculado mediante operaciones matemáticas correspondientes.

Con estos datos en mano, se procedió al diseño de las actividades que se iban a desarrollar en 4 sesiones posteriores. Para la elaboración de las actividades se buscó apoyo en una propuesta publicada por Grotzer y cols (2005). Este trabajo recoge una secuencia didáctica muy completa que busca alcanzar un conocimiento profundo sobre la densidad. El plan de estudio plantea analizar asuntos como la conveniencia de los diferentes modelos de representación de la densidad, buscar los

patrones que relacionan la masa, el volumen y la densidad y considerar la densidad como una propiedad particular de un material.

Considerando que solamente se disponía de 4 sesiones de trabajo y teniendo claro los objetivos que se querían conseguir, se prepararon dos hojas de trabajo, en la cuales se desarrollaba un proceso guiado de indagación y un procedimiento experimental guiado para responder a las siguientes cuestiones:

- *¿Cómo es posible que dos materiales que tienen el mismo volumen, tengan diferente masa?*
- *¿Cómo podemos medir la masa y el volumen de un material? Y, ¿cómo podemos calcular su densidad?*

Se realizaron dos sesiones en el aula y otras dos sesiones en el laboratorio. Se propuso trabajar en grupos de 3-4 personas, dado que resulta mucho más práctico y efectivo a la hora de resolver dudas y favorecer explicaciones más personalizadas.

Finalmente, para la evaluación de la calidad de la propuesta planteada, se realizó una pequeña prueba (30 min) en la que se planteaban cuestiones que hacían referencia a los conceptos trabajados.

A continuación, se detallan cada una de las sesiones llevadas a cabo.

NÚMERO DE ACTIVIDAD: 1

FASE DEL PLAN DE TRABAJO: Encuesta conocimientos previos

TÍTULO: **¿Qué sé sobre la densidad?**

DURACIÓN: 1 sesión de 50 min en aula

MATERIALES E INSTRUMENTACIÓN:

- Encuesta realizada a través de la plataforma Google Forms (también impresa en papel) y ficha de representaciones (ANEXO 1)
- 15 Chromebook y 20 ordenadores de mesa
- 16 Kits de trabajo (Figura 2)

DESCRIPCIÓN DETALLADA DE LA ACTIVIDAD:

Para dar comienzo a la sesión se informó al alumnado de que se iba a realizar una encuesta de conocimientos sobre densidad y que respondieran con sinceridad todo lo que conocían. Se repartieron los kits de trabajo (1 cada dos personas), los chromebook y encuestas impresas en papel para el resto. Las encuestas se resolvieron de forma individual.

En la primera parte de la encuesta se proponía elegir de una lista los elementos que reconocían que eran materia. Estos elementos eran; nube, aire, agua, niebla, polvo de tiza, humo, sombra, arena, grano de sal, eco e interior de un globo inflado. A continuación se pedía explicar como saben si algo es materia o no. En la segunda parte tenían que comparar dos bolas de poliestireno de diferente tamaño, y responder si la bola grande tenía una masa, un volumen y una densidad superior, inferior o igual a la bola pequeña. Posteriormente debían responder a la pregunta *¿qué es más denso?* pero con elementos no disponibles en el kit, es decir, de manera conceptual. En la cuarta parte tenían que coger parejas de objetos del kit de trabajo y realizar una comparación entre ellos respecto a masa, volumen y densidad. Además se les pidió que representaran esas diferencias en una hoja, imaginando como eran esos materiales a nivel microscópico (como si tuvieran un zoom súper potente). En todas las cuestiones planteadas hasta aquí se pidió que evaluaran del 1 al 5 el nivel de confianza con la que habían respondido a la pregunta. Finalmente se les pedía calcular la densidad mediante dos problemas.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS DE LA ACTIVIDAD

- Conocer las ideas previas del alumnado para su posterior análisis y realización de una propuesta de actividades para la mejora del proceso de aprendizaje de la densidad.

NÚMERO DE ACTIVIDAD: 2

FASE DEL PLAN DE TRABAJO: Desarrollo propuesta de actividades de mejora

TITULO: **¿Cómo es posible que dos materiales que tienen el mismo volumen, tengan diferente masa?**

DURACIÓN: 2 sesiones de 50 min en aula

MATERIALES E INSTRUMENTACIÓN:

- 4 Fichas/hojas de trabajo (ANEXO 2):

1. Preguntas de indagación guiadas
2. Hoja informativa diferentes materiales (masa molar, estructura cristalina, radio atómico y densidad)
3. Representaciones modelos estructura de la materia y densidad realizadas por el alumnado en la encuesta de ideas previas
4. Plantilla para representar la estructura de la materia.

- Un cilindro de aluminio y un cilindro de cobre (del kit de trabajo)

- 2 modelos de bolas: Dos botes de plástico, bolas de poliestireno y bolas de corcho



- Modelos de estructuras cristalinas con bolas de madera



DESCRIPCIÓN DETALLADA DE LA ACTIVIDAD:

Para responder a esta pregunta se realizaron dos sesiones en el aula.

Sesión 1

Se trabajó con dos piezas del mismo volumen pero diferente masa, perceptible de manera sensorial (cilindro de aluminio y cilindro de cobre). Inicialmente, se les pidió analizar, con las piezas en la mano, si tenían el mismo volumen y la misma masa, y decir por qué lo sabían. A continuación, se les pedía que explicaran entonces, cómo era posible que teniendo el mismo volumen, la masa era diferente (se les daba la opción de representar un dibujo que apoyara la argumentación).

Posteriormente, con la ayuda de la hoja informativa, tenían que analizar la microestructura de los dos materiales: las diferencias en el tamaño del átomo, el tipo de estructura cristalina y si existía algún parámetro en el cual las diferencias eran representativas (la masa molar y la densidad, en este caso). Se mostraron también los modelos de estructuras cristalinas a modo de ejemplo.

El siguiente paso consistía en analizar 6 representaciones (realizadas por ellos mismos en la encuesta inicial y que fueron estratégicamente seleccionadas por su diversidad) y escoger la imagen que mejor representaba la diferencia de densidad existente entre las dos piezas de aluminio y cobre. Cabe destacar, que dado que la diferencia de densidad es debida principalmente a la diferencia en la masa atómica de los dos elementos, la mejor representación de la estructura microscópica era una imagen la que las dos estructuras se dibujaban iguales (mismo tamaño de átomos y misma distribución). En el enunciado se decía que se aceptaba el modelo de bolas para dibujar los átomos. Por otro lado, el hecho de utilizar los mismos dibujos de los modelos de la estructura de la materia que ellos mismos habían realizado en la encuesta previa, se realizó con la idea de favorecer la implicación del alumnado y la autorregulación.

Sesión 2

Se volvió a recordar lo visto en la sesión anterior y se les enseñaron los modelos de bolas, las cuales representan la microestructura del aluminio y del cobre. Se observó que lo único que cambiaba entre los dos modelos era el "material" de las bolas. Es decir, se dedujo que lo único que cambia en la microestructura de los dos materiales es el átomo. En este caso, la masa de los átomos de aluminio es menor que la masa de los átomos de cobre. Por lo tanto, aunque la cantidad de átomos, sea igual o muy similar, dado que el radio atómico es similar y

la estructura atómica también, la masa total es muy diferente. En consecuencia, también lo es la densidad.

Una vez mostrado el modelo, se les pidió que representaran los modelos en la plantilla facilitada, recordándoles que el tamaño de los átomos y la estructura cristalina son muy similares. Para poder representar en el dibujo la diferencia de masa, se les sugirió utilizar bolígrafos de diferente color, indicando en la parte inferior de la hoja el color al que corresponde el átomo de mayor (a menor) masa.

El siguiente paso, consistía en deducir el porqué de la diferencia de densidad existente entre el cinc y el cobre, si la masa atómica de los dos elementos es similar. Para ello, se les mostraron los modelos de diferentes estructuras atómicas. Se pedía también dibujar en la misma plantilla (con otro color) este modelo, en este caso, haciendo hincapié en la estructura cristalina, y por lo tanto, en la cantidad de átomos por unidad de espacio.

Se pedía dibujar por último, el magnesio, y explicar por qué su densidad es la más pequeña de los cuatro materiales analizados.

Por último, para concluir la actividad, se pedía responder a la siguiente cuestión: "si observamos la estructura microscópica de los materiales, ¿de qué depende principalmente la densidad del material?"

Para finalizar la clase y para comprobar que esta última cuestión se había interiorizado, se planteó abiertamente: "tengo dos materiales, zinc y cromo y a pesar de ser materiales diferentes, tienen la misma densidad, ¿cómo es posible?".

OBJETIVOS ESPECIFICOS DE LA ACTIVIDAD

- Comprender las causas microscópicas de las diferencias en densidad:
 - a. Masa atómica. Algunos átomos tienen más protones y neutrones que otros. Esto contribuye a la masa del material.
 - b. Fuerza y estructura de los enlaces atómicos y moleculares. Un enlace más fuerte supone más átomos por unidad de espacio.
- Comprender la densidad como una propiedad específica de cada material. Asimilar la densidad como herramienta para diferenciar sustancias.

NÚMERO DE ACTIVIDAD: 3

FASE DEL PLAN DE TRABAJO: Desarrollo propuesta de actividades de mejora

TÍTULO: ***¿Cómo podemos medir la masa y el volumen de un material?
Y, ¿cómo podemos calcular su densidad?***

DURACIÓN: 2 sesiones de 50 min en aula

MATERIALES E INSTRUMENTACIÓN:

- 1 Ficha/hoja de trabajo (ANEXO 3)
- Material:

Tres cilindros de aluminio y un cubo de aluminio (del kit de trabajo)



Un objeto de aluminio de volumen no regular

- Instrumentación:

Balanzas electrónicas, probetas de 250 ml y 500 ml y reglas.

DESCRIPCIÓN DETALLADA DE LA ACTIVIDAD:

Se realizaron dos sesiones en el laboratorio y también se utilizaron los mismos materiales utilizados en la encuesta inicial, pero en este caso, eran 4 piezas del mismo material pero distinta forma y tamaño.

Sesión 1

Mediante una ficha de trabajo se les pidió que midieran la masa y el volumen (este último mediante dos métodos diferentes) de todas las piezas disponibles. Anotaron los valores en una tabla.

Con estos datos, se les pidió que los representaran en una gráfica con la idea de relacionar la proporcionalidad de las dos propiedades con la densidad: "Se puede observar una recta?"

A continuación calcularon los valores de densidad para los cinco objetos y se les preguntó si se mantenía la proporción en los valores de masa y volumen.

Sesión 2

Al inicio de la sesión se recordó lo realizado en la sesión anterior, y se representaron en la pizarra los valores obtenidos por un grupo y se observó que la proporción se mantenía y que por lo tanto, la densidad era la misma. Aprovechando esta explicación, se representó sobre la gráfica una recta con pendiente mayor y se preguntó si el valor de la densidad era mayor o menor que la obtenida con las piezas de aluminio.

Para comprobar si se entendió la densidad como una causalidad relacional y que es una propiedad específica de cada material, se planteó la siguiente cuestión: "si partimos el cubo de aluminio por la mitad, ¿cambiará su densidad?"

Finalmente, se pedía volver a representar la estructura microscópica del cilindro y el cubo de aluminio de la misma altura.

OBJETIVOS ESPECIFICOS DE LA ACTIVIDAD

- Entender la densidad, como una causalidad relacional. Se trata de una relación entre la masa y el volumen de la materia; ninguna de las características es suficiente para definir la densidad.
- Comprender la densidad como una propiedad específica de cada material.

NÚMERO DE ACTIVIDAD: 4

FASE DEL PLAN DE TRABAJO: Evaluación de la propuesta

TÍTULO: **Prueba de evaluación**

DURACIÓN: 1 sesión de 50 min en aula

MATERIALES E INSTRUMENTACIÓN:

- Hojas prueba de evaluación (ANEXO 4)
- Calculadoras

DESCRIPCIÓN DETALLADA DE LA ACTIVIDAD:

Previamente se informó al alumnado de que se iba a realizar una prueba de evaluación. En la sesión, se colocó al alumnado en filas individuales separadas en el aula. Solo tuvieron a disposición el estuche y una calculadora.

La prueba consistió en la resolución de 5 cuestiones:

En la primera pregunta, se daba una tabla de 4 materiales desconocidos, en los cuales aparecían cuál era su masa y volumen, y debían calcular la densidad.

En la segunda pregunta, se mostraba una tabla de materiales con sus respectivas densidades, y se les pidió que identificaran cuales eran los materiales de la pregunta anterior.

Posteriormente, en la pregunta 3, se mostraba una gráfica que representaba la relación proporcional entre la masa y el volumen de los 4 materiales de la pregunta anterior. En este caso, se trataba de que asociaran cada material con cada una de las líneas rectas.

En la cuarta pregunta, se mostraban dos representaciones de dos materiales a nivel microscópico (representados de la misma manera en la que se había hecho en la actividad 2; las dos representaciones eran iguales, solo cambiaba el color de los puntos) con puntos negros en una imagen y puntos grises en la otra. En el enunciado se añadía el valor de la masa atómica de cada uno de ellos. Se pedía que con esa información, y con la que ya conocían sobre unos los materiales D y E (ya sabían del ejercicio anterior que eran oro y plata, y conocían su densidad) identificaran cada material con una de las representaciones. El objetivo evaluar si habían aprendido que una de

las causas microscópicas en la diferencia de densidad era la masa atómica.

Finalmente, en una quinta pregunta se trataba de evaluar si el alumnado había conseguido interiorizar la idea de que además de masa atómica, también la microestructura de la materia son las principales causas de la densidad. Para ello, se planteaba un reto parecido al planteado en abierto el final de la segunda sesión de la segunda actividad: “tengo dos materiales, zinc y cromo y a pesar de ser materiales diferentes, tienen la misma densidad, ¿cómo es posible?”. Se les daban los valores de la masa atómica en el enunciado. Tenían que explicar el porqué de este fenómeno y representar su estructura microscópica (una vez más utilizando las mismas plantillas que en la actividad 2).

OBJETIVOS ESPECIFICOS DE LA ACTIVIDAD

- Evaluar la idoneidad de la propuesta mediante los conocimientos adquiridos por los/as alumnos/as

Resultados

En este apartado, se muestran los resultados obtenidos para cada una de las fases del plan de trabajo diseñado. De esta manera, se comienza mostrando los resultados obtenidos de la encuesta inicial sobre las ideas previas del alumnado sobre la naturaleza de la materia y la densidad. Con estos datos en mano, y después de obtener una serie de conclusiones parciales, se justifica brevemente la propuesta de actividades seleccionadas con el fin de mejorar el proceso de enseñanza aprendizaje de la densidad para el segundo curso de la ESO. A continuación, se muestran las principales observaciones obtenidas durante el desarrollo de las 4 sesiones utilizadas para llevar a cabo la propuesta de innovación docente. Finalmente, se analiza la calidad de la propuesta, mediante los resultados obtenidos a partir de la prueba de evaluación.

Ideas previas

A continuación se muestran los resultados obtenidos a partir de la encuesta inicial, divididos en tres apartados: ¿qué es materia?, relación masa, volumen y densidad y, por último, la competencia matemática. Esta encuesta la realizaron un total de 53 alumnos.

¿Qué es materia?

Q1 ¿Cuáles son materia? Nube, aire, agua, niebla, polvo de tiza, humo, sombra, arena, grano de sal, eco, interior de un globo inflado

En general, se observa que es común relacionar este concepto con materia en estado sólido o líquido, siendo más del 85% del alumnado quién identifica materia con agua, polvo de tiza, arena o grano de sal (Figura 3). Sin embargo, la materia en estado sólido o líquido en suspensión en un gas (niebla, humo, nube) se identifican como materia entre un 57-68% de los casos. Se encuentra un porcentaje de aciertos similar a la hora de identificar aire como materia (58%).

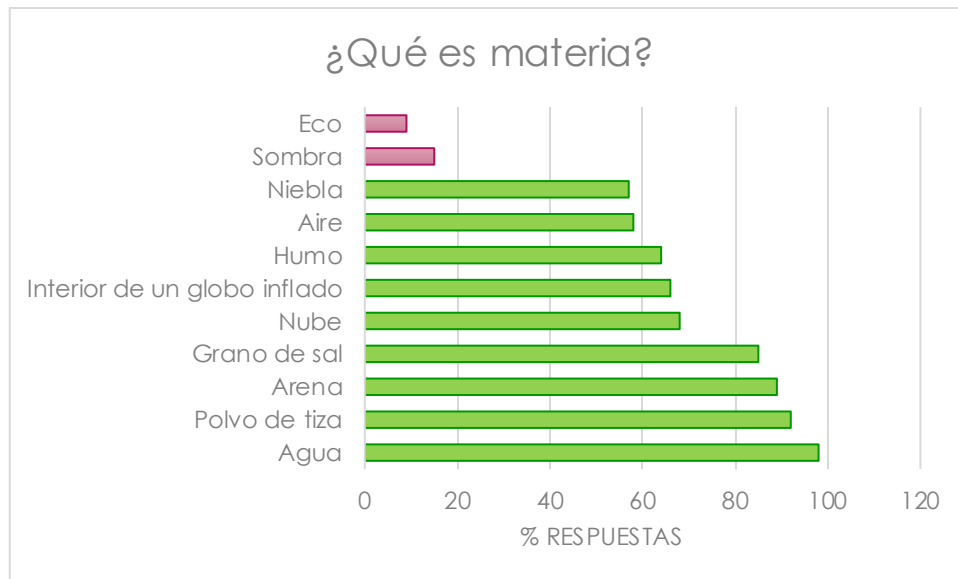


Figura 3. Porcentaje de alumnos que identifica cada uno de elementos como materia.

Muy pocos relacionan la materia con el eco o la sombra. En algún caso, la identificación de materia con estos fenómenos podría venir de la relación intuitiva de la necesidad de existencia de materia para que puedan ocurrir (el sonido se propaga a través de un medio material, y la sombra necesariamente viene producida de la imposibilidad parcial o completa de la propagación de la luz a través de un objeto).

En cuanto al nivel de confianza a la hora de responder a la pregunta, es bueno (una media de 3,1 sobre 5).

Q2 ¿Cómo sabes si algo es materia o no? Explícalo

En cuanto a la definición de materia, en la Tabla 3 se muestran las respuestas clasificadas según el grado de comprensión. Estos criterios fueron utilizados por Napal y cols. (Napal Fraile et al., 2017).

Las ideas más repetidas tienen relación con mediciones imprecisas "todo lo que ocupa un espacio" y precisas "todo lo que tiene masa y volumen". Pero por lo general, se dan definiciones que tienen relación con criterios cuantitativos (el total del apartado mediciones es %84). El nivel de confianza a la hora de responder a la pregunta es un poco superior a la anterior (3,4 de 5).

Si comparamos los resultados obtenidos con el estudio anterior realizado por Napal y cols. (Napal Fraile et al., 2017), en este caso, el porcentaje de alumnos que ha respondido utilizando un criterio relacionado con características sensitivas o referidas al estado de la materia son menos. Al

contrario, un porcentaje mayor de alumnos utiliza el criterio cuantitativo asociado a una magnitud (masa y volumen).

Cabe destacar que, a pesar de que el trabajo previo a la realización de esta encuesta de ideas previas fue sobre los átomos, solamente una definición (%1.5) ha hecho relación a la idea de que la materia está formada por átomos.

Tabla 3. Criterios utilizados para clasificar las definiciones de materia utilizados por los alumnos y porcentaje de alumnos que lo(s) utiliza. Resultados en este estudio y en un estudio anterior por Napal y cols.

CRITERIO		2ºESO % respuestas relacionadas	EJEMPLOS	2ºESO % respuestas relacionadas (Napal y cols)
Indefinido; respuestas ininterpretables		3	- "que yo creo que es así" * <i>"Nik uste dudala horrela dela"</i> - "Si se entiende, se percibe y ocupa el volumen del universo" * <i>"Ulertu eta perzibitzen eta unibertsoaren lekua okupatzen badu"</i>	2
Características sensitivas (tocar u otras), o referidas al estado de la materia, o composición		10	- "Si se ve, sí es materia" * <i>"Ikusten bada bai da materia"</i> "Si de estar está en forma líquida y sólida" * <i>"Forma likido eta solido batean egon baldin badago"</i>	24
Mediciones	Imprecisas (se puede medir, tocas,...)	42	- "Que ocupa espacio y porque tiene peso" * <i>"espazioa okupatzen duela eta pisua duelako"</i>	45
	Asociadas a magnitudes (m,V,d)	42	- "Todo lo que tiene masa y volumen" * <i>"masa eta bolumena duen oro"</i>	25
Formadas por átomos o moléculas		1.5	- "Lo que está formado por átomos" "Atomoz osatuta dagoena"	0
NS/NC		1.5		4

*Respuesta original en euskara

Relación masa, volumen y densidad

Q3 Coge de la caja las dos bolas macizas de corcho blanco (de poliestireno) (una grande y otra pequeña). ¿Cuál tiene más masa, volumen, densidad?

Prácticamente todo el alumnado identifica la diferencia de volumen entre las dos bolas. Sin embargo, en el caso de la diferencia de masa, los resultados no han sido tan diferenciados. De hecho, casi una tercera parte del alumnado (29%) ha respondido que la masa de las dos bolas de poliestireno es la misma (Figura 4). En este caso, cabe destacar que percibir con las manos la diferencia de masa entre las dos bolas de poliestireno es prácticamente inapreciable. Este hecho ha podido dar lugar a confusión, en el caso en que se haya hecho caso omiso a la lógica deductiva (para un mismo material a mayor volumen, mayor masa) y haya predominado la percepción a través de los sentidos.

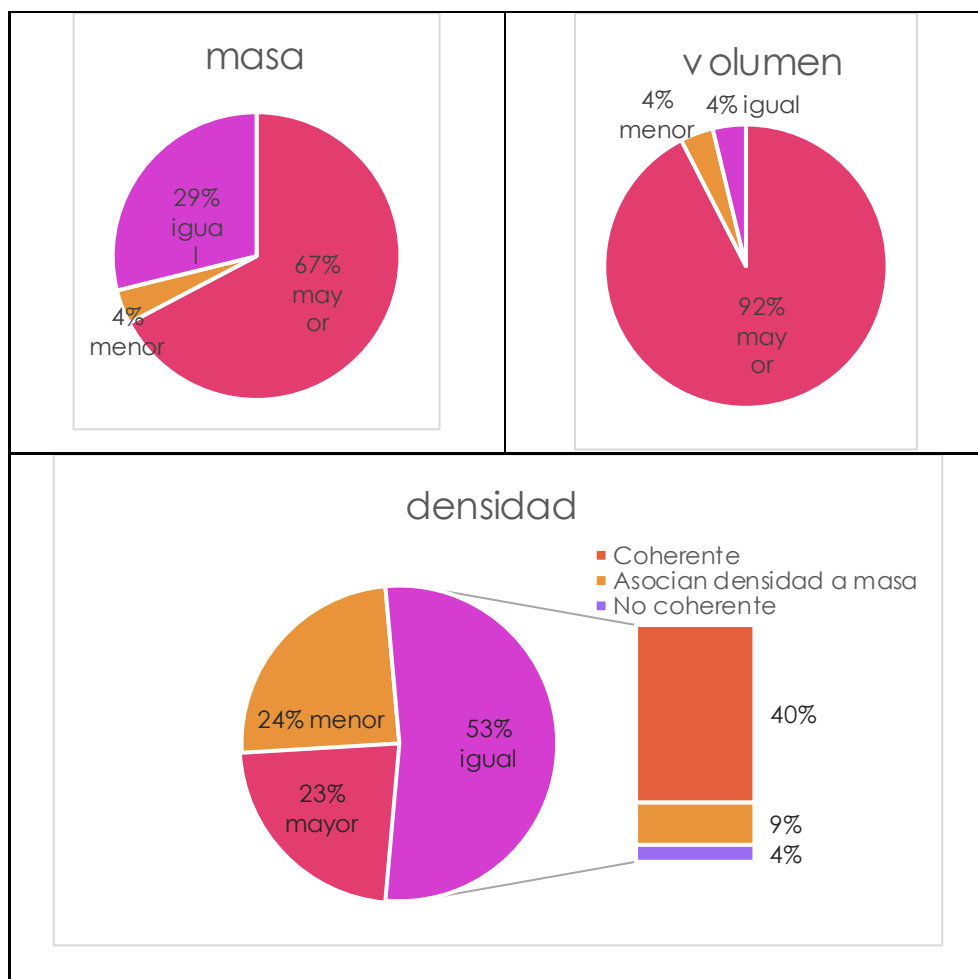


Figura 4 Porcentaje de respuestas del alumnado a la pregunta Q3.

En cuanto a la densidad, aproximadamente la mitad (53%) responde que la densidad es la misma. La otra mitad responde indistintamente, en igual proporción, que la densidad de la bola grande es mayor (23%) o menor (24%).

Sin embargo, del total del alumnado que responde correctamente diciendo que la densidad es la misma, el 40% responde adecuadamente a las tres cuestiones y por lo tanto es coherente en las respuestas dadas en cuanto a la deducción de la densidad a partir de la masa y el volumen (mayor masa, mayor volumen, igual densidad). Un 9% asocia la densidad a la masa (igual masa, mayor volumen, igual densidad) y un 4%, no sigue una lógica deductiva aparente.

El patrón que suele aparecer frecuentemente (Maclin et al., 1997) a más volumen más masa más densidad, solamente aparece en un 11% (6 alumnos/as).

En cuanto a la media registrada de nivel de confianza es regular (3 de 5).

Q4 ¿Qué es más denso?

Q4.1- ¿200 ml de agua líquida o la misma cantidad evaporada?

Q4.2- ¿Un palillo de madera de pino o el tronco hecho del mismo material?

Q4.3-¿Un cubito de hielo o la misma cantidad de agua líquida?

Q4.4- ¿Un globo de aire frío o la misma cantidad de aire caliente?

En esta pregunta se evalúan la relación de la densidad con los estados de agregación de la materia (Q4.1 y Q4.3) y la temperatura (Q4.4). Estas cuestiones requieren de un nivel abstracción mayor y para responder adecuadamente a esta pregunta, es necesario conocer que:

- de forma general, la misma cantidad de materia en estado sólido es más densa que en estado líquido y ésta, a su vez, más densa que en estado gaseoso.
- existen casos excepcionales como el agua, la cual en estado sólido es menos densa que en estado líquido.
- en el caso particular de los gases, en un sistema cerrado, el volumen puede modificarse (si el recipiente lo permite) con la temperatura. A mayor temperatura, mayor volumen, debido al aumento de la presión que ejerce el gas dentro del recipiente.

De estas tres ideas la primera, quizá sea la más intuitiva, y es por eso que la Q4.1 (gas-líquido) la responde correctamente el 75% del alumnado. Sin embargo, la Q4.3 (agua líquido-sólido) la responde correctamente 38%

lo que nos puede indicar que a pesar de que se conozca la idea generalista de que la misma cantidad de materia en estado sólido es más densa que en estado líquido, el caso particular del agua es posible que se desconozca y esto puede dar lugar a equivocación. Por lo tanto, aun conociendo por experiencia que el hielo flota en el agua y que por lo tanto su densidad es menor, prevalece la idea generalista anterior.

En cuanto a la tercera idea, que hace referencia a la influencia de la temperatura en el volumen de los gases, solamente el 53% da una respuesta correcta a la cuestión Q4.4, lo que indica que se encuentran con dificultades de respuesta, dado que indistintamente se responde una cosa u otra.

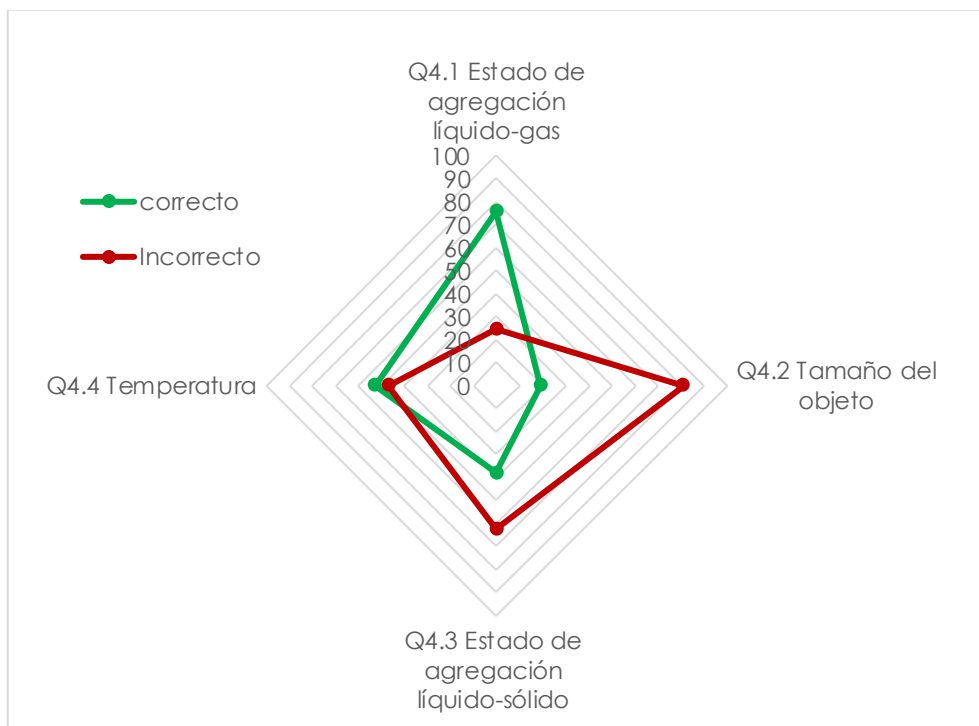


Figura 5 Relación del porcentaje de respuestas correctas e incorrectas a las cuestiones planteadas en Q4.

Además se vuelve a plantear la cuestión de ¿a mayor tamaño, más densidad? para un mismo material (Q4.2). Cabe destacar que el 81% del alumnado responde incorrectamente, asociando el mayor tamaño con una mayor densidad (Figura 5).

Cabe subrayar aquí que en esta última cuestión no se dio la alternativa de responder la opción "misma densidad". Sin embargo, nadie preguntó durante el desarrollo de la encuesta sobre dicha posibilidad. Debido a esta omisión, esta cuestión no se tendrá en cuenta a la hora de desarrollar unas conclusiones. Sin embargo, se presentan los resultados obtenidos para observar cuál es la tendencia de respuesta que tiene el alumnado.

En lo que respecta a la seguridad media en la respuesta es de 2,7.

Q5 Parte 1 ¿Cuál de los dos objetos tiene mayor masa, volumen y densidad?

En la Figura 6 se resumen el porcentaje de respuestas correctas dadas en cuanto a la determinación de la masa, el volumen y la densidad entre dos objetos. Con la idea de facilitar la lectura, en la Tabla 4 se detallan las magnitudes que se perciben sensorialmente como diferentes o no.

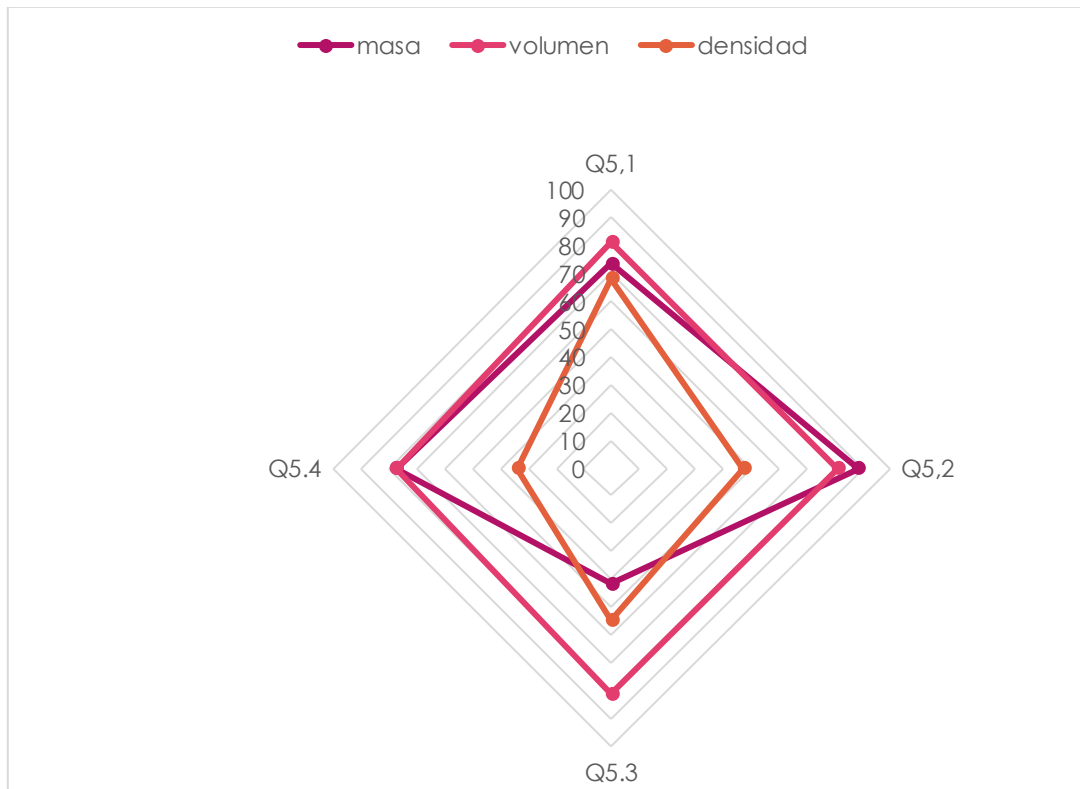


Figura 6 Porcentaje de respuestas correctas a las cuestiones planteadas en Q5.

Tabla 4. Magnitudes que se perciben sensorialmente de cada pareja de objetos.

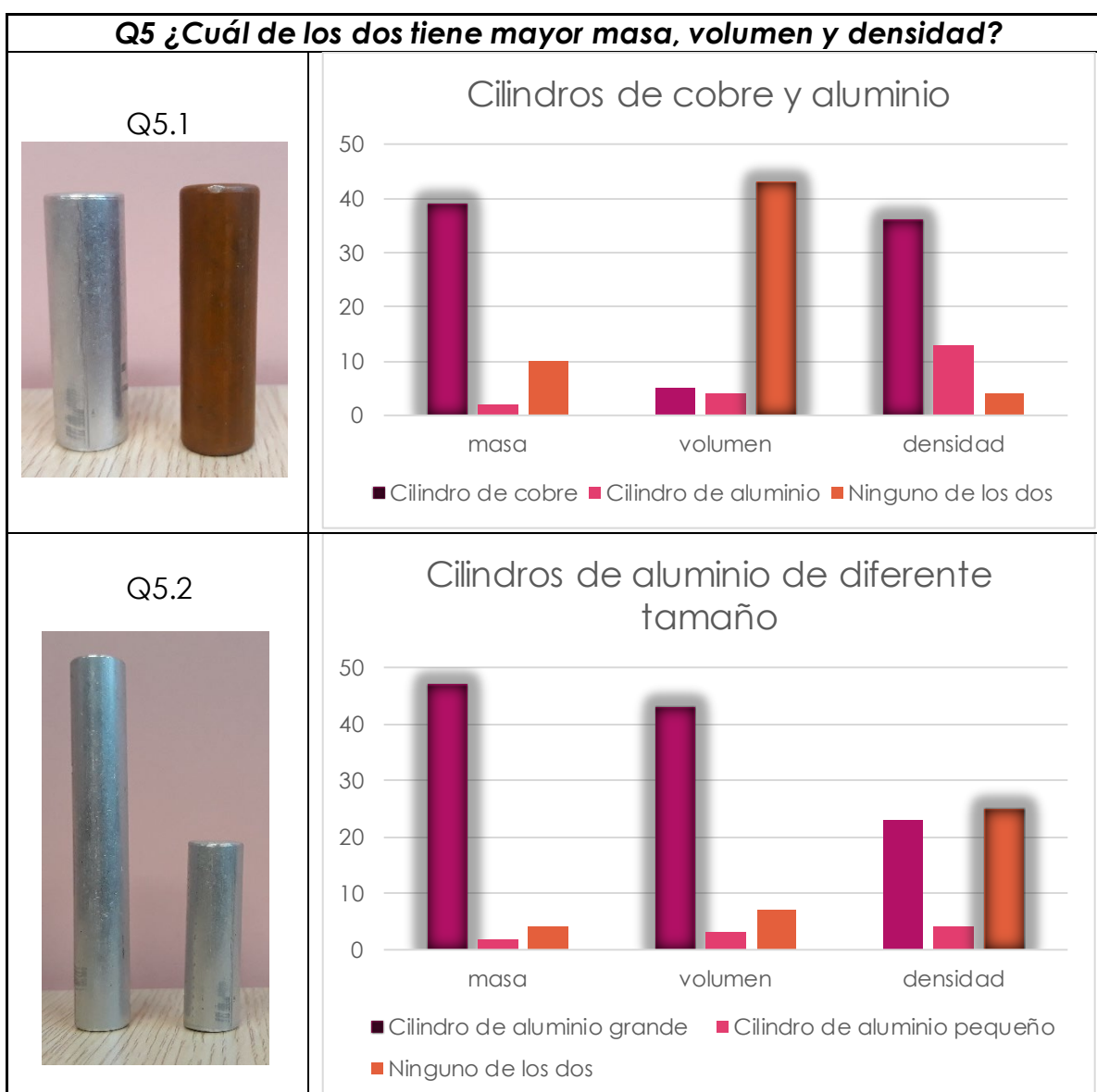
	Clave	Material	Masa	Volumen	Forma
Q5.1	Cilindros Cu-Al	Diferente	Diferente	Igual	Igual
Q5.2	Cilindros Al-Al	Igual	Diferente	Diferente	Igual
Q5.3	Cilindros PVC- Nylon	Diferente	Igual	Diferente	Igual
Q5.4	Cilindro - cubo Al-Al	Igual	Diferente	Diferente	Diferente

Se observa como el porcentaje de alumnos/as que identifican adecuadamente la masa y el volumen es elevado en todos los caso salvo en el caso en el cual varían la sustancia y el tamaño de un objeto a otro

(PVC-Nylon). Este caso es curioso, dado que en el enunciado se dice claramente que la masa de los dos objetos es la misma.

En cuanto a la densidad, el porcentaje de aciertos disminuye considerablemente en todos, y especialmente cuando disminuyen datos experimentales o aumenta complejidad de la inferencia. Para un análisis más exhaustivo, en la Figura 7 se detallan las repuestas dadas para cada caso.

Figura 7. Resumen del número de respuestas del alumnado frente a las cuestiones planteadas en Q5. Se han resaltado las respuestas que son correctas mediante sombras.

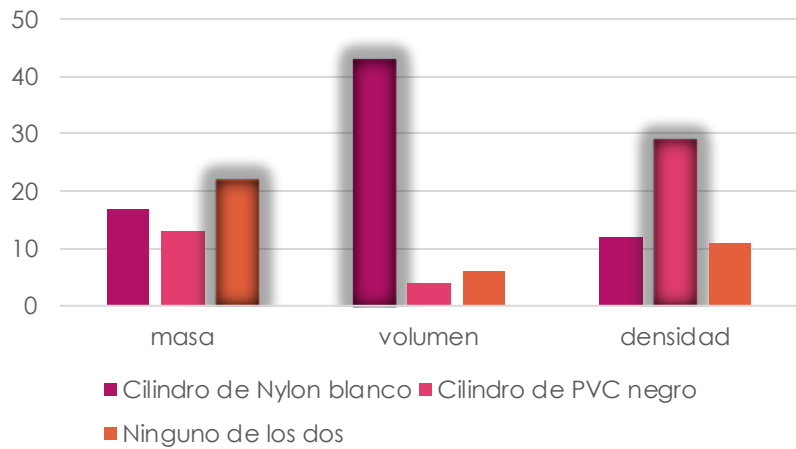


Q5 ¿Cuál de los dos tiene mayor masa, volumen y densidad?

Q5.3



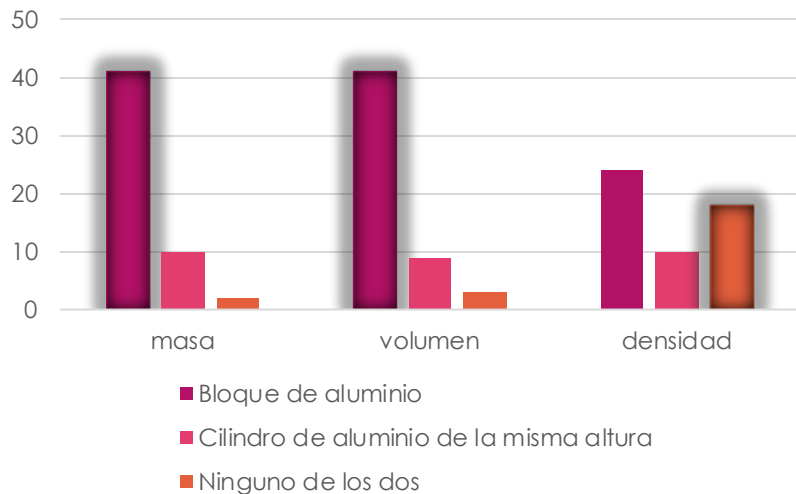
Cilindros de Nylon y PVC



Q5.4



Bloque y cilindro de aluminio



En el primer caso, se comparan dos piezas de aluminio y cobre de iguales dimensiones (Q5.1). La masa y el volumen se pueden determinar a simple vista (tacto), habiendo un porcentaje de aciertos muy elevado. Sin embargo, el porcentaje en cuanto a densidad disminuye (68%). En este caso, la lógica más masa, más densidad podría dar lugar a algún acierto causal, además de determinar la densidad mediante lógica mayor masa, igual volumen, mayor densidad. Sin embargo, los resultados muestran que existe cierta confusión en cuanto a este concepto.

En el segundo caso, se comparan dos cilindros de aluminio de diferente tamaño (Q5.2). En este caso, casi la mitad del alumnado dice que la densidad del cilindro más grande es mayor y la otra mitad que la densidad es la misma. Si comparamos este caso con la pregunta Q3 de las bolas de poliestireno, el porcentaje de alumno que dice que la densidad es mayor, en este último caso, es mayor. Esto puede ser debido

a que la masa se ha identificado como mayor a simple tacto (no como en el caso de las bolas) y esto haya dirigido la respuesta a una mayor densidad.

En el tercer caso (Q5.3), una mayor parte de alumnos identifica el PVC como más denso que la barra de Nylon a pesar de que la masa no se ha identificado como igual (lo ponía en el enunciado) y el volumen del cilindro de PVC es menor. En este caso, surge la duda de si el color de la barra pudiera influir en la respuesta, dado que la barra de PVC es oscura, y se podría relacionar con la compacidad.

En el último caso, en el cual se comparan un bloque rectangular y un cilindro de la misma altura (Q5.4), los dos de aluminio, prevalece la idea de mayor masa mayor densidad, haciendo caso omiso a la idea de que la densidad es una propiedad específica del material.

Por otro lado, cabe remarcar que si se contabilizan el número de alumnos que responde adecuadamente y coherentemente a las tres cuestiones planteadas en cada uno de los casos, los resultados son 45%, 38%, 26% y 23% para las cuestiones Q5.1, Q5.2, Q5.3 y Q5.4, respectivamente.

En definitiva, se ha visto que en los casos en los que para dar una respuesta adecuada supone necesariamente conocer que la densidad es una propiedad específica de cada material, el porcentaje de aciertos está por debajo del 50%.

Resulta significativo que en las preguntas Q4 y Q5 el nivel de confianza se redujo considerablemente a 2,7 y 2,5 respectivamente, comparado con las preguntas anteriores.

Q5 Parte 2

Adicionalmente, en la pregunta Q5 se pedía que representaran lo que se imaginan a nivel microscópico en cada caso, como si tuvieran un zoom súper potente para poder ver como es la materia a nivel microscópico. En la Figura 8 se muestran los *modelos de representación de la materia* utilizados, catalogados en 6 grupos diferenciados. Con la idea de facilitar la comprensión del análisis en la Figura 9 se muestra algún ejemplo (realizado por los alumnos) de cada modelo catalogado, exceptuando el modelo embedded que no aparece. Sin embargo, se menciona debido a que se considera como un modelo de transición a los demás (Grotzer et al., 2005).

Cabe destacar que algún alumno ha utilizado más de un modelo en sus representaciones. Es por ello que los resultados que se muestran en la Figura 8 no coinciden con el número total de estudiantes, sino que se han

contabilizado el número total de veces que se ha utilizado ese modelo de representación.

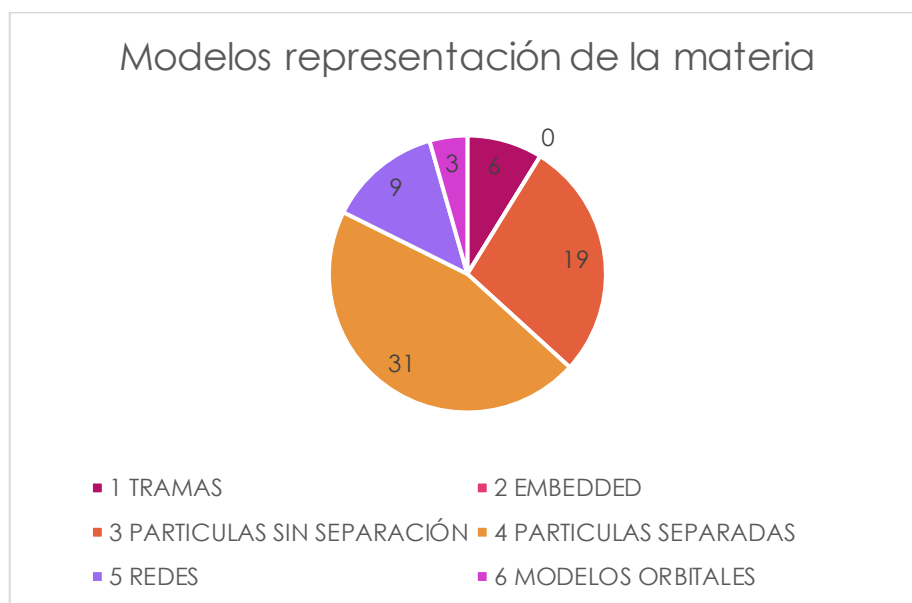


Figura 8. Número de veces en los que se han utilizados cada uno de los modelos de representación catalogados.

El modelo más veces utilizado por el alumnado es el de partículas, ya sean sin separación o separadas, siendo este último más recurrente. La utilización de un modelo más sencillo, como el modelo de tramas, aparece en alguna representación, al igual que modelos más sofisticados (redes). En cuanto a estos últimos, cabe destacar que ha habido un caso en el cual se ha representado una estructura de átomos tridimensional, con punto y rayas, tal como se muestra en la Figura 9 (abajo izquierda). En otra ocasión, aparece un átomo representado con el modelo de órbita planetaria (Figura 9 abajo derecha) y deja anotado “muchos átomos repartidos”.

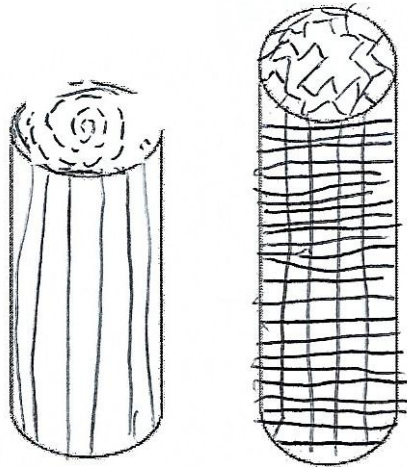
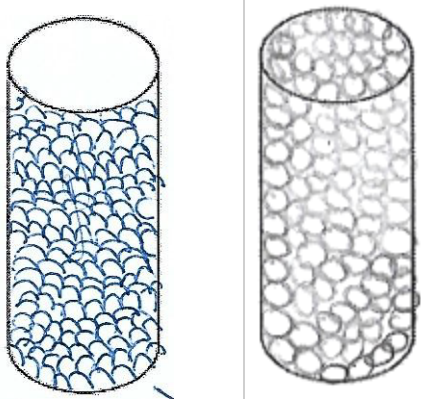
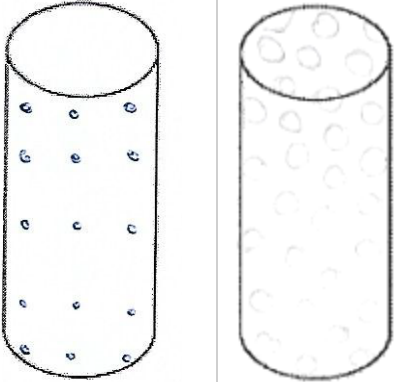
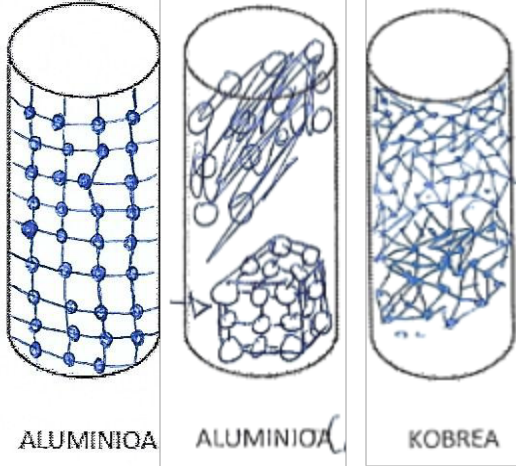
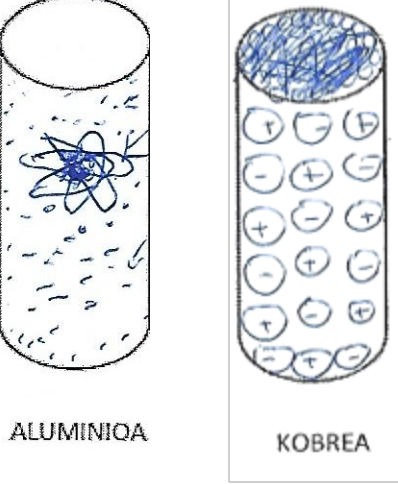
1 TRAMAS	2 EMBEDDED
 <p data-bbox="331 752 475 779">ALUMINIOA</p> <p data-bbox="612 752 692 779">NYLON</p>	<p data-bbox="820 663 1337 757">NOTA: Ningún alumno realiza este modelo. Se trata de una conjunción de tramas y partículas al mismo tiempo.</p>
3 PARTÍCULAS SIN SEPARACIÓN	4 PARTICULAS SEPARADAS
 <p data-bbox="309 1312 453 1339">ALUMINIOA</p> <p data-bbox="564 1301 708 1328">ALUMINIOA</p>	 <p data-bbox="884 1294 1027 1321">ALUMINIOA</p> <p data-bbox="1123 1294 1267 1321">ALUMINIOA</p>
5 REDES	6 MODELOS ORBITALES
 <p data-bbox="277 1827 421 1854">ALUMINIOA</p> <p data-bbox="453 1827 596 1854">ALUMINIOA</p> <p data-bbox="660 1827 756 1854">KOBREA</p>	 <p data-bbox="874 1818 1018 1845">ALUMINIOA</p> <p data-bbox="1139 1830 1235 1856">KOBREA</p>

Figura 9. Ejemplos de modelos de representación de la materia a nivel microscópico desde modelos más sencillos a más complejos (1-6).

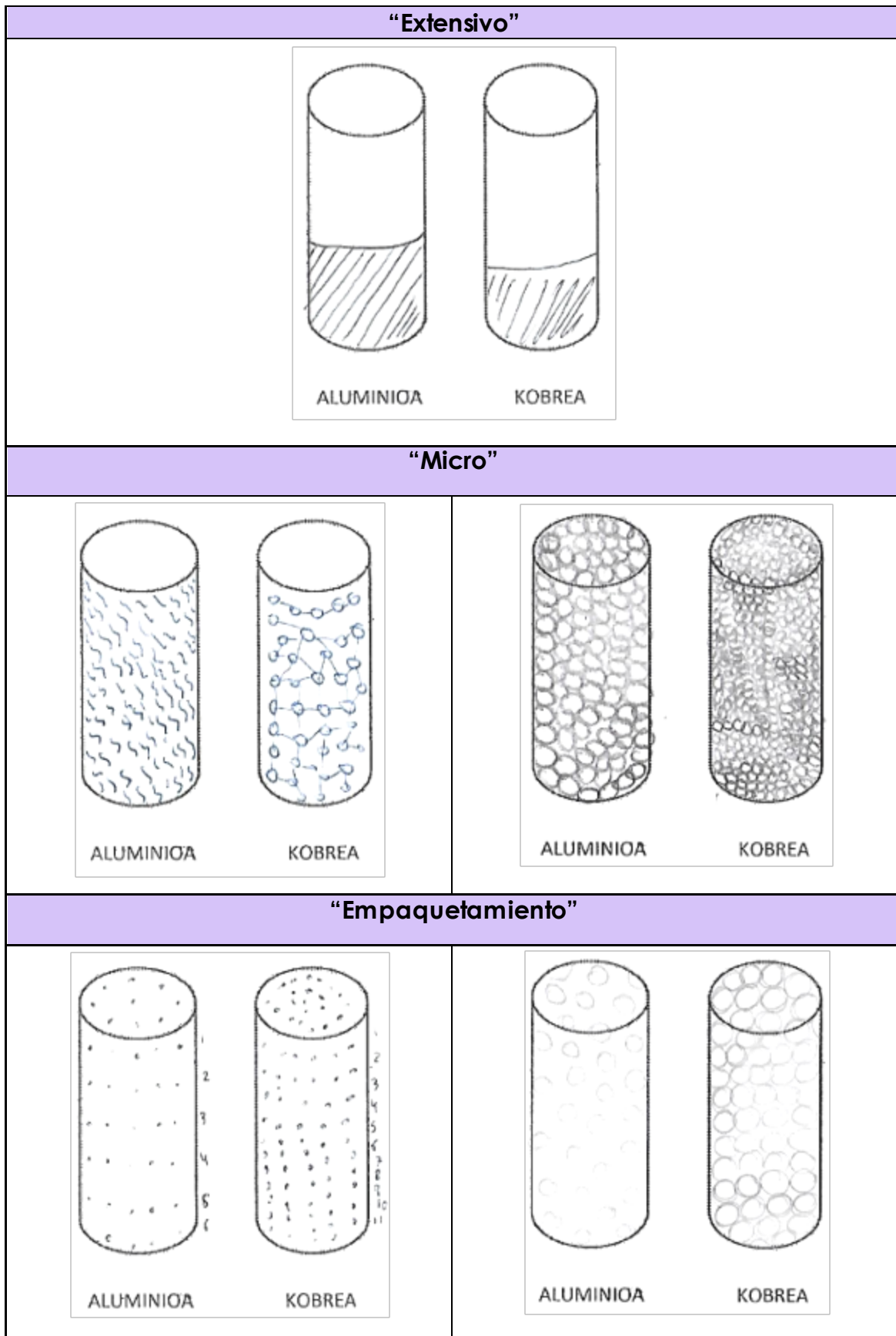


Figura 10. Ejemplos de estrategias de representación de la densidad a nivel microscópico.

Respecto a las *estrategias para la representación de la densidad* se han considerado tres modelos alternativos, no exclusivos entre ellos, que se muestran a modo de ejemplo también en la Figura 10:

1. Modelo “extensivo”: se representa más cantidad de materia cuando se considera que es más denso, es decir, se representa un mayor volumen ocupado por partículas o tramas. Se trata de una idea alternativa a la idea científicamente correcta.
2. Modelos “micro”: las diferencias de densidad se representan mediante características de las partículas individuales (tamaño, forma, color)
3. Modelos de “empaquetamiento”: tiene relación con las distancias entre partículas representadas o el grado de empaquetamiento,

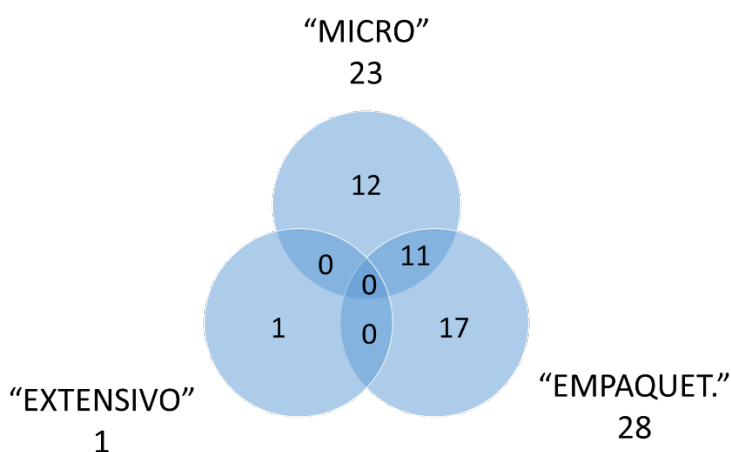


Figura 11. Número de veces en los que se han utilizado cada una de las estrategias de representación de la densidad.

Los modelos “micro” y “empaquetamiento”, ambos son científicamente correctos, debido a que podrían representar la masa atómica y la estructura atómica, como las principales causas de la densidad. De hecho el mejor modelo sería el que utiliza las dos estrategias a la vez.

En la Figura 11 se puede observar que un elevado número de alumnos utiliza la estrategia de empaquetamiento y “micro”, incluso, las dos estrategias a la vez. En lo que respecta a la estrategia “micro”, utilizan (1) puntos huecos y rellenos, (2) círculos más grandes o más pequeños y (3) diferentes símbolos para representar cada partícula, identificando así cada símbolo con un material. Cada una de estas maneras de representación, lleva intrínseca una idea que podría corresponder a (1) representar una mayor masa de las partículas mediante puntos rellenos, (2) representar círculos más pequeños para que ocupen menos espacio y por lo tanto haya un número más elevado de partículas por unidad de

masa, que esta idea iría asociada con la estrategia de empaquetamiento, y (3) asignar las mismas propiedades macroscópicas a cada átomo. Sin embargo, estas últimas son suposiciones realizadas en base a los dibujos y que podrías no ser correctas.

Se muestran a continuación dos casos que se han querido destacar debido a sus anotaciones. En la Figura 12A se observan las siguientes anotaciones: (1) haciendo referencia a la estructura de la pieza de aluminio (parte izquierda del dibujo) anota "de una manera ordenada" (2) señalando la estructura dibujada en la pieza de cobre "más denso" y (3) señalando las dos estructuras dibujadas sobre las piezas de aluminio (dibujo de la derecha) anota "iguales". Se ve como representa la densidad de una manera coherente, por un lado, utilizando la estrategia de empaquetamiento para el caso de las piezas de aluminio y cobre, y por otro lado, representando e indicando la misma estructura para las dos piezas de aluminio. Además, conoce que los átomos se encuentran dispuestos de manera ordenada en estructuras tridimensionales. Se puede observar que dispone de unos conocimientos sobre la estructura de la materia bastante avanzados para la edad y que es capaz de utilizar este modelo de conocimiento para representar de manera razonada y coherente la densidad.

En la Figura 12B se puede observar una anotación que dice "igual pero con un combinación de electrones mayor". De esta manera, viene a decir que la diferencia de densidades entre los dos materiales viene condicionada por la diferencia de los átomos de cada material, más concretamente, por los electrones. Muestra tener alguna noción sobre la estructura del átomo, pero sin embargo, no menciona los neutrones y protones que en realidad son las partículas de mayor masa de los átomos.

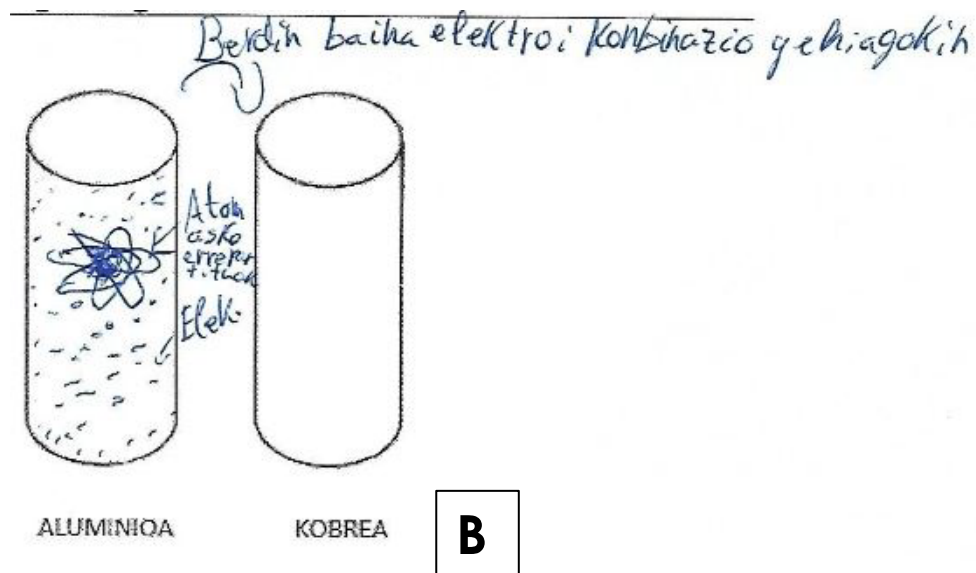
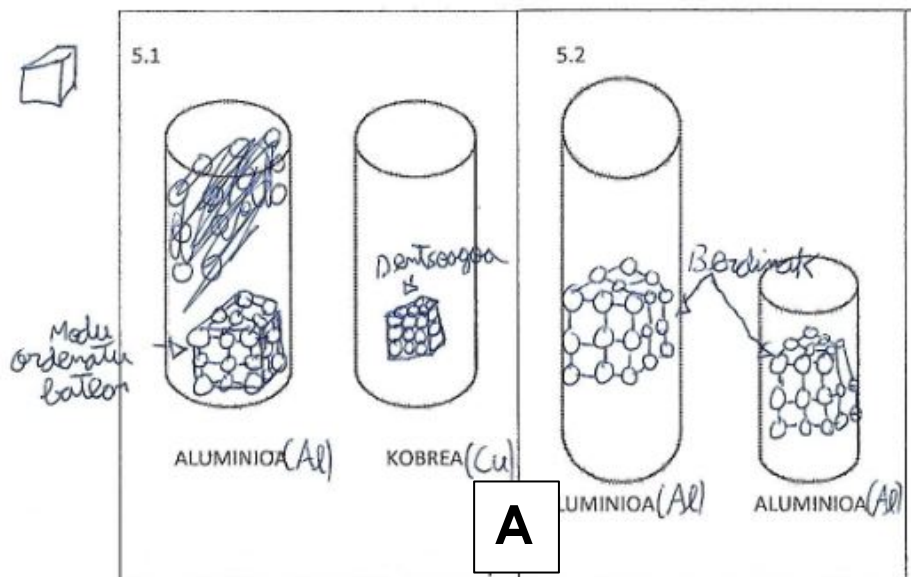


Figura 12. Representaciones realizadas por dos alumnos/as que utilizan estrategia de empaquetamiento (A) y "micro" (B) con anotaciones.

Calcular la densidad. Competencia matemática.

Q6 Calcula la densidad de un objeto cuya masa es 500 g y su volumen 100 cm³

Q7 Vertemos agua en una probeta hasta la marca de 300 ml. Sumergimos en ella una piedra de forma irregular y observamos que el nivel del agua sube hasta la marca de 450 ml. Si la masa de la piedra es de 220 g, ¿cuál es su densidad en kg/m³?

En cuanto a las respuestas dadas a la cuestión planteada en Q6 (Tabla 5), un alto porcentaje de alumnos (77%) es capaz de calcular el valor de la

densidad resolviendo la ecuación numérica masa/volumen. Sin embargo, solamente el 25% es capaz de escribir las unidades correctamente.

Tabla 5. Criterios nivel de competencia matemática

	Q6	Q7
No hay respuesta o respuesta no interpretable	7	22
Valor numérico incorrecto sin unidades	3	8
Valor numérico incorrecto con unidades	2	15
Valor numérico correcto sin unidades	18	3
Valor numérico correcto con unidades incorrectas	10	3
Valor numérico correcto con unidades correctas	13	2

En la cuestión Q7 (segunda columna de Tabla 5) se observa como el porcentaje de alumnos que calcula el valor numérico de la densidad correctamente (zona inferior gris de la tabla) disminuye considerablemente de un 77% a un 15%. Cabe destacar que solamente dos alumnos/as son capaces de, además, escribir las unidades correctamente. Por otro lado, un numeroso grupo de alumnos (22 en total) no ha dado ninguna respuesta.

La resolución de este problema tenía dos dificultades principalmente: (1) conocer que podemos calcular el volumen mediante el método de desplazamiento de agua en una probeta (2) una vez realizada la operación matemática realizar el cambio de unidades. En cuanto a la primera dificultad, solamente 9 alumnos/as han podido afrontarla, y en cuanto a la segunda solamente 2.

Desarrollo del proceso de indagación

A partir de los resultados obtenidos en el apartado anterior y de las conclusiones obtenidas (que se pueden consultar en subapartado *Ideas previas* dentro del apartado conclusiones de la presenta memoria) se diseñaron las actividades que se iban a llevar a cabo en el aula. Teniendo en cuenta esto, se plantean los siguientes objetivos:

- Adquirir nociones básicas sobre la naturaleza de la materia

- Entender la densidad como una propiedad específica de cada sustancia
- Entender la densidad, como una causalidad relacional. Se trata de una relación entre la masa y el volumen de la materia; ninguna de las características es suficiente para definir la densidad.
- Comprender las causas microscópicas de las diferencias en densidad.
 - a. Masa atómica. Algunos átomos tienen más protones y neutrones que otros. Esto contribuye a la masa del material.
 - b. Fuerza y estructura de los enlaces atómicos y moleculares. Un enlace más fuerte supone más átomos por unidad de espacio.

Creemos que si son capaces de entender las causas microscópicas, serán capaces de comprender en las siguientes etapas conceptos más avanzados como entender la densidad como una propiedad dinámica que varía para una misma sustancia al variar la temperatura y/o la presión.

Por otro lado, durante las prácticas, se observaron pautas de trabajo enfocadas en la memorización, desmotivación por parte del alumnado, poca implicación en el proceso de aprendizaje y poco desarrollo metacognitivo. Por lo tanto, en cuanto a la metodología de trabajo, se plantea llevar a cabo la propuesta mediante indagación guiada, siendo los objetivos planteados los siguientes:

- Comenzar a ser más conscientes de su propio proceso de aprendizaje
- Desarrollar habilidades sociales, experimentales y de indagación
- Crear espacios para la comunicación de ideas y reflexiones.

Las actividades diseñadas se encuentran explicadas detalladamente en el apartado Metodología de la presente memoria.

A continuación se comentan los principales resultados obtenidos en el desarrollo de las actividades en el aula.

ACTIVIDAD 1

Durante el desarrollo de la actividad, se fueron resolviendo todas las dudas, facilitando espacios de trabajo en grupo inicialmente y discusión en grupo completo de manera alterna cada 1 o 2 cuestiones. Es por ello que las respuestas reflejadas en todas las fichas de trabajo son correctas.

Por esta razón, realizar un análisis de los resultados obtenidos en referencia a las fichas no resulta válido.

Sin embargo, las observaciones realizadas nos reportan mucha información:

- Ante la pregunta “¿Por qué creéis que dos materiales con el mismo volumen pueden tener una masa diferente?”, la mayoría de los grupos razonó diciendo que “el cobre contiene un mayor número de átomos, que están más juntos, y que por eso su masa es mayor”, es decir, utilizan el modelo de “empaquetamiento”. Es más, ninguno de los grupos mencionó la idea de que los átomos de cobre tuvieran una masa atómica mayor que los átomos de aluminio. Por esta razón, se puede decir que utilizan el modelo “micro” en las representaciones, pero no conscientes de la influencia de la masa atómica.

Sin embargo, cabe mencionar que una vez que se mostraron los modelos con esferas de poliestireno y corcho del mismo diámetro y estructura, se volvió a plantear la misma pregunta inicial, y en este caso, surgió la idea, aunque de manera costosa, de que los átomos de los dos materiales eran distintos y que los átomos de cobre tenían una masa atómica mayor.

- En cuanto al reto de escoger entre 6 representaciones diferentes la que mejor reproducía la razón por la cual la densidad del cobre y el aluminio son diferentes (imagen 2 de la Figura 13), resultó costosa de ver en un principio. De hecho, inicialmente la que escogieron muchos grupos fueron las representaciones que hacen referencia, una vez más, a la idea de empaquetamiento (1 y 3 de la Figura 13).

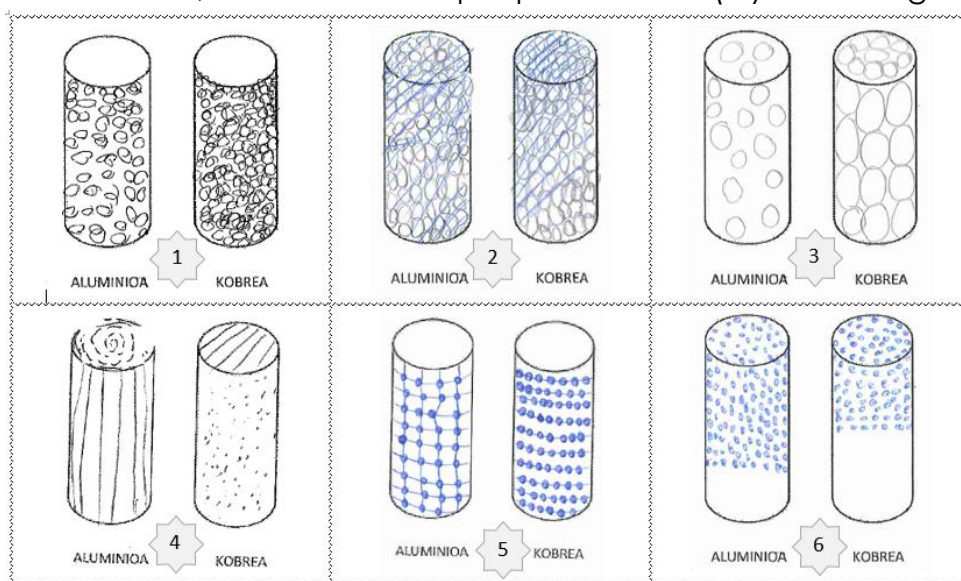


Figura 13. Representaciones realizadas por los alumnos escogidas estratégicamente para la realización de la actividad 2.

- Para representar la estructura cristalina de cada material, se les entregó una plantilla en la cual se dividía en celdas el cilindro de cada material. Esta idea de división en celdas resultó de los modelos de cuadros y puntos propuesto por Grotzer y cols, 2005.

A la hora de representar la estructura en la plantilla, no fue tan costoso que relacionaran la estructura cristalina tridimensional con el número de átomos correspondiente por unidad de celda, sino más bien, el hecho de cómo representar la variable de masa atómica en los dibujos. Sin embargo, una vez indicado que una opción puede ser realizarlo con bolígrafos de diferentes colores, se resolvían las dificultades. En la Figura 14 se puede observar las representaciones realizadas por un grupo de trabajo, que utiliza diferentes colores para diferencias en la masa atómica.

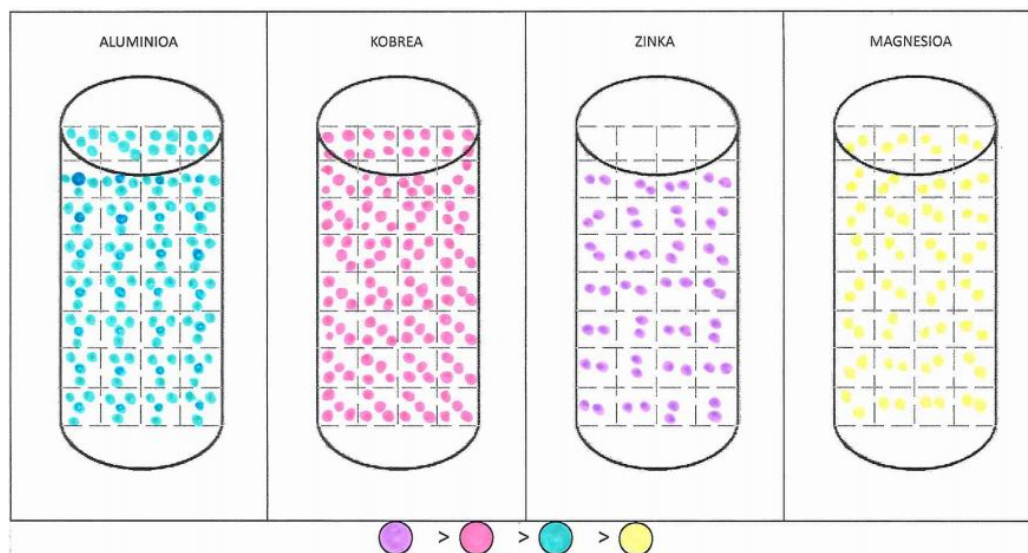


Figura 14. Muestra de las representaciones de la estructura a nivel microscópico de 4 materiales realizada por un grupo de alumnos.

- Finalmente, todos los grupos llegaron a concluir y escribir en la ficha que la densidad de un material, depende de la masa atómica y la distancia entre los átomos (estructura u organización) a nivel microscópico.
- Además, ante la última cuestión planteada de manera abierta a todo el alumnado (“tengo dos materiales, cinc y cromo y a pesar de ser materiales diferentes, tienen la misma densidad, ¿cómo es posible?”), la resuelven respondiendo que quizá sea porque aunque la masa de los átomos de uno de los dos materiales sea mayor, la distancia entre ellos también lo será comparándola con la del otro material, dando como resultado una densidad igual. Una persona comentó esta idea haciendo relación a la

proporción, es decir, “los átomos de un material pesan el doble que el del otro material, y las distancias entre átomos son también el doble en el primero”.

ACTIVIDAD 2

Al igual que la actividad anterior, durante el desarrollo de la actividad en el laboratorio, se fueron resolviendo todas las cuestiones que fueron surgiendo, por lo que en este caso también se comentan algunas de observaciones realizadas.

En cuanto al proceso de experimentación:

- Calcular la masa de los objetos mediante las balanzas electrónicas no fue difícil para ninguno de los grupos y todos lo resolvieron con éxito.
- Sin embargo, a la hora de calcular el volumen surgieron muchas dudas. En un principio, teniendo todos los elementos disponibles (probetas, piezas de análisis) ninguno de los grupos supo cómo calcular el volumen, por lo que se realizó una breve explicación para todos.
Una vez escuchada la explicación, todos los grupos calcularon el volumen con el método de desplazamiento de agua en las probetas.

En la resolución de problemas planteados:

- Sin embargo, solamente dos de los 10 grupos supieron calcular de manera correcta el volumen utilizando la fórmula matemática.
- En cuanto al cálculo de la densidad, todos los grupos, excepto 2 calcula la densidad correctamente (a partir de los datos de masa y volumen obtenidos experimentalmente). Los dos grupos restantes no tienen escrito en la ficha ningún valor en la columna de densidades (puede ser que no tuvieran tiempo para hacerlo).
- A la pregunta de si cortamos un material por la mitad, tendrá la misma densidad, solamente 3 grupos responden en la ficha. De esos tres, solo dos dicen que la densidad se mantiene. El otro grupo responde que no.

En lo que se refiere a las representaciones:

- En cuanto a la representación gráfica de los resultados, les resulta una tarea difícil. En primer lugar, les costó asociar a cada celda un valor en los ejes de la gráfica para poder representar

todos los valores obtenidos. Una vez numerados los ejes (con ayuda de las docentes), les fue más fácil representar los puntos.

- En la representación de la microestructura, solamente 5 grupos lo hacen. Dentro de estos, 3 grupos, utilizan una estrategia como la planteada en las actividades, en la cual dividen en cuadrículas iguales y dibujan el mismo número de puntos (o círculos) en cada cuadrícula tal como se muestra en la Figura 15. En el primer caso, (arriba izquierda) la representación es coherente con la idea de que la densidad es la misma, dado que dibuja el mismo número de puntos por unidad de celda y los puntos son iguales en los dos casos. En otros dos, dibujan el mismo número de puntos (en este caso círculos) por unidad de celda en las dos piezas, pero sin embargo, el tamaño de los círculos es diferente.

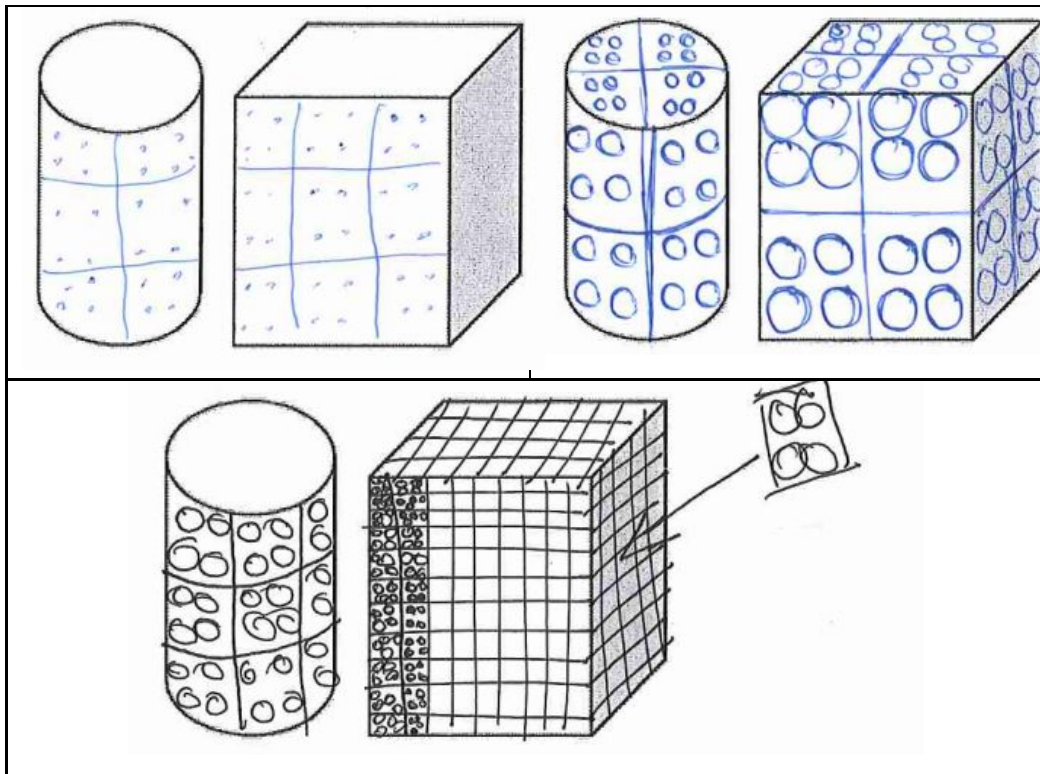


Figura 15 Representación de la microestructura de dos objetos de aluminio realizada por varios grupos de alumnos durante la actividad 2.

Los otros dos grupos, realizan las representaciones que se muestran en la Figura 16. Se puede ver que en el primer caso (izquierda), utiliza la estrategia "micro" dibujando círculos más pequeños en el caso de la pieza cuadrada. Sin embargo, no es coherente, dado que tienen la misma densidad. En el segundo caso (derecha), sin embargo, representa las dos piezas igual, siendo coherente con esta última idea. El hecho de no dibujar círculos en toda la pieza puede ser debido a que no se especificó esta pauta.

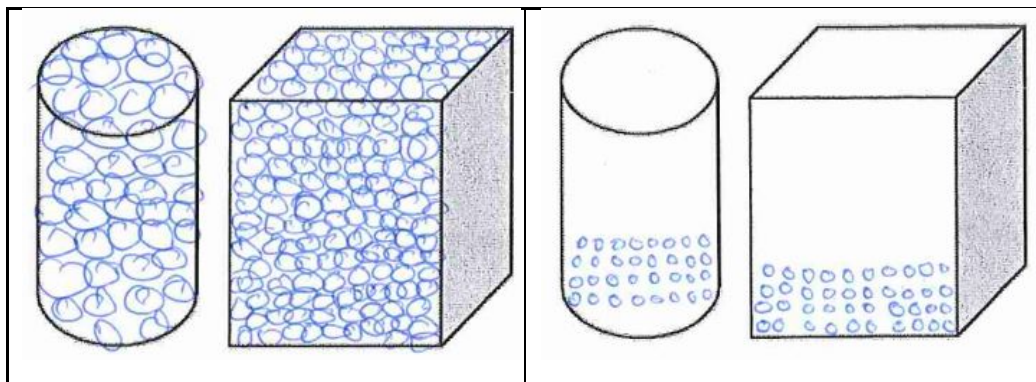


Figura 16. Representación de la microestructura de dos objetos de aluminio realizada por varios grupos de alumnos durante la actividad 2.

- En cuanto al ambiente de la clase de laboratorio, el hecho de llevar a cabo la actividad en el laboratorio les motivó mucho, pero por el contrario, hizo que la clase fuera más difícil de realizar, dado que se mostraron más alterados y nerviosos, quizá por lo novedoso de realizar una actividad fuera de clase.

Prueba de evaluación

Una vez realizadas las actividades, se dió paso a la realización de la prueba de evaluación. Esta prueba la realizaron 59 alumnos de manera individual. A continuación se exponen los principales resultados obtenidos.

Cabe destacar que todo el alumnado, es decir, el 100% realizó correctamente las dos primeras cuestiones, es decir, el cálculo numérico de la densidad a partir de los valores de masa y volumen, y posterior asociación con un material a partir del valor de densidad. Si lo comparamos con los resultados de la prueba inicial, se puede observar una mejora considerable, teniendo en cuenta que en esa ocasión el 77% consiguió dar un valor numérico adecuado.

En cuanto a la cuestión número 3, el 73% del alumnado (43 de 59) resolvió con éxito, asociando las pendientes de líneas de proporción entre masa y volumen con los diferentes valores de densidad. El resto, lo resuelve sin ningún sentido lógico-numérico respecto a la pendiente de la línea y el valor de densidad, es decir, no hay nadie que haya asociado el orden de las pendientes confundiendo el mayor valor numérico de densidad con la línea de menor pendiente y ordenadas así de manera sucesiva (orden inverso). Hay 3 alumnos que ordenan de manera alfabética inversa.

En cuanto las cuestiones relacionadas con las causas microscópicas de la densidad, los resultados fueron los siguientes.

En la pregunta cuatro, la cual buscaba conocer si el alumnado había aprendido que una de las causas microscópicas de la diferencia de densidad es la diferencia de la masa atómica, el 53% del alumnado resuelve el problema adecuadamente. Por otro lado, el 25% identifica mal el material con la representación. Cabe destacar aquí que los colores utilizados para las representaciones han podido desviar la atención del alumno, dado que el color gris puede estar asociado a la plata (en lugar del oro). De hecho, la respuesta correcta suponía obviar esta idea, dado que la representación de los puntos grises era oro. De hecho, en varias ocasiones (9 en total), los alumnos han corregido su respuesta inicial, quizá más intuitiva o confundida por el color, dando finalmente la respuesta correcta. En la Figura 17 se puede observar la diferencia de colores que pudo dar lugar a confusión y como un alumno corrige su respuesta (urrea=oro; zilarra=plata).

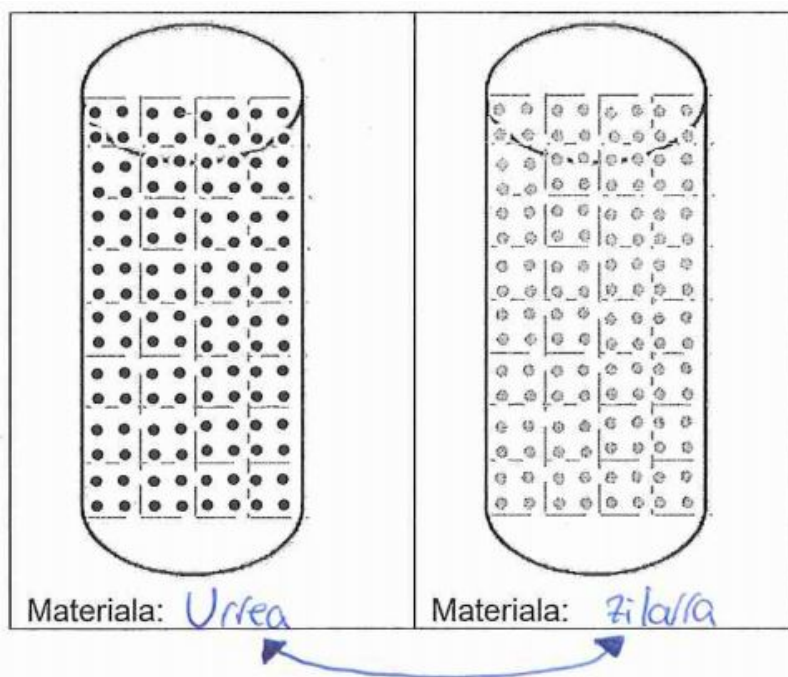


Figura 17. Muestra de la corrección de la respuesta de un(a) alumno(a).

Por último, hay un 5% del alumnado que responde asociando las representaciones con otros materiales que no aparecen en el enunciado. En concreto, aluminio y cobre, que son los materiales con los que se ha trabajado en clase (Figura 18).

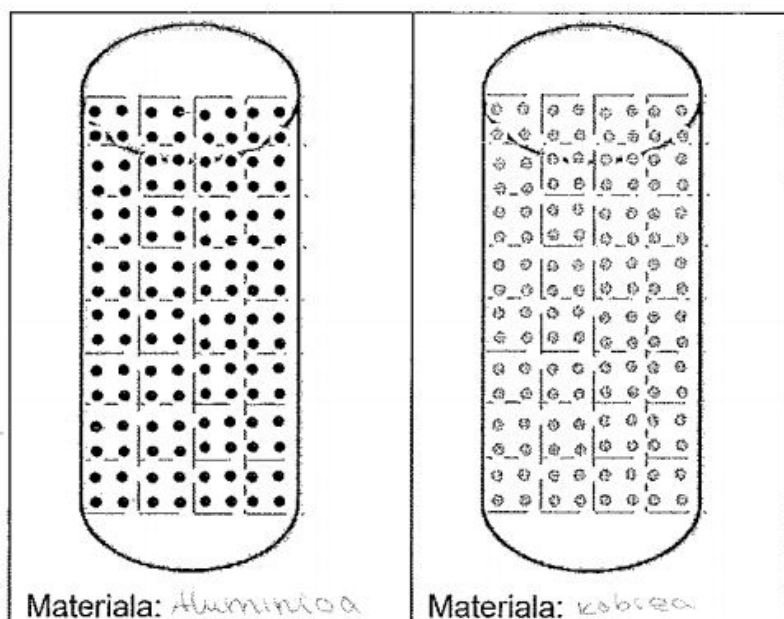


Figura 18 Muestra de la asociación de otros materiales diferentes a los del enunciado de un(a) alumno(a).

Por último, en relación a la quinta pregunta, la resolución de la misma implicaba conocer las dos causas microscópicas de la densidad, y aplicarlas en la resolución de la misma. Para el análisis de datos, se han considerado tanto la adecuación y coherencia del razonamiento realizado por escrito como de la representación. En la tabla 6 se pueden observar los criterios para la evaluación del grado de comprensión de esta idea y el número de alumnos que lo alcanza.

Se ha considerado como razonamiento adecuado ideas y representaciones que hacen referencia a las dos razones microscópicas, es decir, la masa atómica y la configuración estructural a nivel atómico, que condiciona el número de átomos por unidad de espacio. De este modo, en cuanto a la representación, se han considerado como adecuados o coherentes los dibujos en los que el número de átomos por unidad de celda era mayor en el caso del cromo, comparado con el cinc (tal como se muestra en la Figura 19).

Tabla 6 Criterios para la evaluación del grado de comprensión de las razones microscópicas de la densidad y número de alumnos(as) que lo realizan.

		REPRESENTACIÓN			
		Adecuada coherente	Inadecuada /Incoherente	Sin respuesta	TOTAL
RAZONAMIENTO	Adecuado/coherente	25	2	2	29
	Inadecuado /Incoherente	4	14	3	21
	Sin respuesta	0	5	4	9
	TOTAL	29	21	9	59

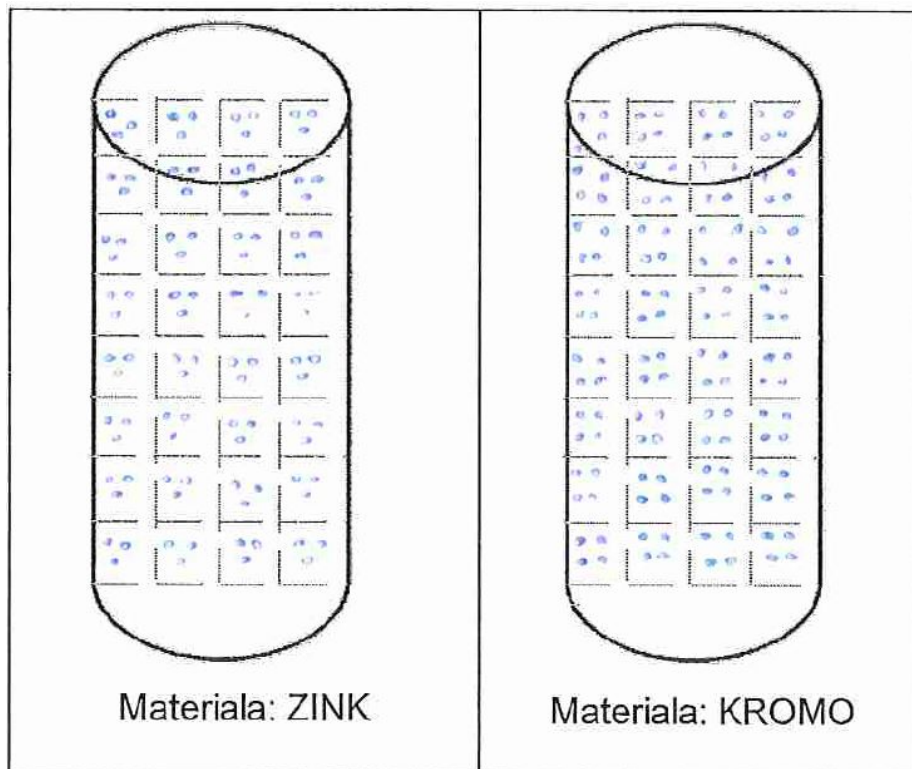


Figura 19 Muestra de una representación adecuada y/o coherente.

Tal como se puede observar en la Tabla 6, un 42% del alumnado (25 de 59) consigue razonar y representar adecuadamente las causas microscópicas de la densidad. Por otro lado, si nos fijamos solamente en una de las dos habilidades (razonamiento o representación adecuados), sin mencionar la otra, podemos ver que un total de 29 alumnos realizan un razonamiento coherente, y también, un total de 29 alumnos realiza una representación coherente, que resulta ser prácticamente la mitad del alumnado en los dos casos.

En cuanto al porcentaje de alumnos que razona y representa de manera inadecuada, y que por lo tanto, no demuestra tener conocimiento alguno sobre las causas microscópicas de la densidad, resulta ser de un 24%.

Solamente 4 alumnos(as) dejan las dos partes sin respuesta.

Cabe resaltar que un número moderado de estudiantes (9 alumnos) razonan diciendo que es posible que la densidad entre el cinc y el cromo sean iguales debido a que el volumen será mayor en el material que está constituido por átomos de mayor masa. Es decir, acuden a la estrategia al uso de la fórmula m/v , en lugar de recurrir a comprensión conceptual, dado que el enunciado concreta que el volumen es el mismo en los dos materiales.

Conclusiones

Ideas previas

Aunque las definiciones sobre **materia** dadas por el alumnado en esta etapa están mayoritariamente relacionadas con la medición de la materia (principalmente masa y volumen) que se supone un nivel medio avanzado, no les resulta tan fácil su identificación en elementos naturales, sobre todo cuando se trata de sustancias en estado gaseoso o en suspensión en aire (niebla, nube, humo).

En los casos en los que la diferencia de **masa** no es perceptible a través de los sentidos y aparentemente parece que tienen la misma masa, una tercera parte del alumnado no es capaz de razonar de manera lógica que siendo el mismo material a mayor volumen tendrá mayor masa. En estos casos, se dejan guiar por la percepción sensorial y su respuesta es que la masa es la misma. En los casos en los que la diferencia de masa era perceptible a través de los sentidos, el número de aciertos aumentaba de manera considerable. Sin embargo cabe destacar un caso excepcional (Nylon y PVC) en el cual a pesar de que en el enunciado se mencionaba que la masa era la misma, un número elevado de alumnos/as se ha decantado por uno de los materiales (prácticamente en la misma proporción, aunque mayor para el caso del Nylon). En este caso, se han dejado llevar por una supuesta diferencia percibida de manera sensorial (aunque la masa sea la misma), obviando el enunciado.

En lo que respecta a la percepción del **volumen**, el número de aciertos es bastante más elevado en todos los casos analizados, es decir, la identificación y cuantificación intuitiva de esta variable es adecuada en la mayoría del alumnado (en este caso concreto de materiales sólidos).

De forma general, les cuesta identificar la **densidad** como una propiedad específica e intensiva. En definitiva, se observa que parte considerable del alumnado tiene tendencia a relacionar el objeto más pesado como el más denso, incluso en los casos en los que comparan un mismo material.

En cuanto las cuestiones relacionadas con los estados de agregación y la densidad, el alumnado tiene muchas dificultades a la hora de responder. Estas cuestiones llevan implícitas una serie de conocimientos sobre la naturaleza microscópica de la materia y del modelo cinético

molecular que todavía no han alcanzado en esta etapa, a pesar de que aparece de forma explícita en el currículo.

Entre las **estrategias de representación de la densidad**, destacan la idea de empaquetamiento y "micro". La idea de empaquetamiento corresponde a una de las razones microscópicas de la densidad, la fuerza y las estructuras atómica, que conllevan un mayor o menor número de átomos por unidad de volumen. La estrategia "micro" es debido a la diferencia entre átomos/partículas que representa una mayor o menor masa atómica de cada elemento. Sin embargo, detrás las estrategias "micro" utilizadas por el alumnado no es posible conocer exactamente cuál es la idea que prevalece dado que para ello hubiera sido necesario requerir de una explicación adicional en forma de anotación.

En cuanto al **cálculo de la densidad**, que también aparece en el currículo en este curso, un 70% del alumnado opera correctamente aplicando la fórmula, pero fallan en las unidades y en la resolución de problemas. De manera adicional, un número elevado de alumnos desconoce que se pueda calcular el volumen de un objeto a partir del método de desplazamiento de agua.

Desarrollo del proceso de indagación

A continuación se detallan las principales conclusiones obtenidas a partir del desarrollo de la primera actividad.

Se ha visto que la principal idea que utilizan para razonar la diferencia de masa entre dos materiales tiene relación con un mayor número de átomos, es decir, más cantidad, más masa. Esta idea prevalece frente a la idea de que la masa atómica de cada elemento es diferente, aunque las dos sean válidas.

En cuanto la segunda actividad planteada, se ha concluido, por un lado que, a pesar de que el alumnado, por lo general, no encuentra dificultades en identificar el volumen de un objeto, en cuenta dificultades a la hora de realizar una medición, ya sea de manera experimental o mediante la aplicación de una fórmula matemática. Cabe destacar aquí la importancia de realizar actividades experimentales que ayuden a acercar al alumnado a la percepción directa de las variables de las que depende la densidad. Además, añadir que el ambiente de clase de laboratorio también mejoraría si se realizan de manera más habitual este tipo de actividades, dado que el alumnado normalizaría esta práctica y se realizaría de manera más tranquila.

Por otro lado, para llegar a entender la causalidad relacional entre la masa y el volumen y, a su vez, ser conscientes de que de la proporcionalidad directa entre estas dos variables resulta la densidad, se realizó el ejercicio de representar en una gráfica las dos variables. Relacionar estos conceptos, requiere de cierta competencia matemática (identificación y representación de funciones de proporcionalidad directa) a la que se tuvieron que enfrentar y en la que se encontraron con dificultades, que limitó la adquisición del objetivo planteado inicialmente. Sería conveniente volver a repasar estos conocimientos con un ejemplo más sencillo antes de llevar a cabo esta actividad.

Por último, tienen cierta tendencia a reproducir el modelo tal como se ha trabajado en las actividades (representando las líneas de las celdas) sin una aparente crítica hacia él. Una propuesta de mejora consistiría en discutir en aula la utilidad del modelo y su correspondencia con la realidad. Es por ello que, hay que tomar con precaución las conclusiones obtenidas en esta propuesta, teniendo en cuenta esta dificultad.

Prueba de evaluación

Aunque no haya sido uno de los objetivos planteados inicialmente, a partir de las actividades planteadas, se ha conseguido que todos los alumnos calculen correctamente el valor numérico de la densidad. Sin embargo, mediante esta prueba no se ha podido comprobar si ha habido una mejoría en cuanto a la utilización de unidades.

En cuanto a los ejercicios en los cuales se pedía asociar un valor numérico de densidad con un material y además con una pendiente proporcional en una gráfica, buscaban reforzar dos ideas, que la densidad es una propiedad específica de cada material y que cada material por lo tanto sigue una relación causal proporcional diferente. Mayoritariamente han conseguido hallar la solución a estos problemas de manera resolutiva.

En cuanto a las causas microscópicas de la densidad, se ha conseguido hacer consciente en el alumnado una de las causas, nada obvia en un principio, que es la masa atómica; aproximadamente la mitad del alumnado resuelve de manera exitosa el ejercicio planteado. En cuanto a las imágenes utilizadas, es importante hacer hincapié en la importancia de elegir adecuadamente, dado que pueden desviar la atención del alumnado del objetivo que se ha planteado inicialmente con la actividad.

Por último, un número aproximadamente un 40% del alumnado consigue razonar y representar las dos causas microscópicas principales mediante la aplicación en un problema concreto. Sin embargo, es cierto que todavía una cuarta parte del alumnado no demuestra haber alcanzado este nivel de comprensión, hecho que supone seguir trabajando con actividades de índole similar.

Finalmente, remarcar la importancia que tiene como docente proponer problemas de aplicación de conocimientos para conocer de manera representativa el nivel de comprensión alcanzado por el alumnado.

Conclusiones generales y propuestas de mejora

Dado que el nivel de comprensión de la densidad generalmente está limitado a la aplicación de una fórmula matemática para calcular su valor numérico, la propuesta de mejora del aprendizaje de este concepto debe ir de la mano de la comprensión de la naturaleza microscópica de la materia. Es decir, inicialmente comprender qué es y a continuación buscar la manera de medir a nivel macroscópico su valor. Es decir, alcanzar un nivel profundo de comprensión de la densidad, vendrá determinado por la unión de las visiones microscópica y macroscópica de la materia.

Una vez alcanzado este nivel de comprensión sobre la materia, resultará más fácil comprender la influencia que puedan tener variables condicionantes como la temperatura o la presión en la densidad de cierta sustancia, a la vez que se trabaja el modelo cinético-molecular.

En cuanto al desarrollo de la propuesta cabe destacar la importancia que tiene el utilizar modelos representativos y significativos que ayuden y acompañen en el proceso de aprendizaje. Así, a la hora de entender las causas microscópicas de la densidad, el modelo de cuadros y puntos ha facilitado la comprensión y asimilación de la influencia que tiene la microestructura de la materia en la densidad. Para poder hacer consciente en el alumnado la segunda causa microscópica, la masa atómica, fue necesario utilizar más de una estrategia. Mostrar, a la vez que sostenían las piezas reales de aluminio y cobre en sus manos, los modelos de bolas físicas, que exponían la misma estructura microscópica (mismo tamaño de bolas y distribución), llevo al alumnado al conflicto cognitivo dado que prevalecía la idea de empaquetamiento. Por otro lado, es cierto que con el modelo de cuadros y puntos esta causa puede pasar desapercibida en el caso en que se representen todos los puntos iguales. Es por ello que el hecho de marcar una pauta para identificar

esta variable la hace más consciente, por lo que resulta importante remarcar este aspecto en la práctica.

Hay que subrayar que realizar experiencias de modelado sin una reflexión o crítica hacia explícita hacia ellos, y sin una consciencia de cuál es su verdadera función en la ciencia, tiene también el riesgo de quedarse en una simple reproducción mecánica. Es por ello que es importante que el docente sea consciente de ello y aplique con precaución este tipo de propuestas.

También destacar la importancia que tiene realizar prácticas experimentales que aporten cercanía y motivación en el alumnado, es decir, asociar conceptos abstractos como la densidad con materiales que puedan manipular y medir.

De manera general, se ha visto que el alumnado presenta actitudes pasivas frente al estudio, y están poco habituados a realizar prácticas reflexivas, críticas y con un sentido funcional. Es por ello que realizar prácticas de indagación resulta esencial en la adquisición de las destrezas científicas competentes, además de los conocimientos básicos, en este caso, la densidad. También es cierto que para que este tipo de prácticas funcione el alumnado debe estar habituado, por lo que no debe realizarse de manera aislada u ocasional.

Dado que conocer qué es densidad implica un cambio conceptual que tiene que hacer frente además a varias concepciones alternativas, requiere de un proceso de aprendizaje gradual y prolongado. Es por esta razón que la intervención realizada no es suficiente. Enseñar la densidad como parte de un sistema de conceptos requiere periodos de trabajo más largos.

Bibliografía

- Caamaño, A. (2011). Indagación y modelización Tres enfoques para el aprendizaje de la competencia científica en las clases de química. *Aula de Innovación Educativa*, (207), 17–21.
- Caamaño, A. (2012). ¿Cómo introducir la indagación en el aula? *Alambique. Didáctica de Las Ciencias*, 70, 83–91.
- Cañal, P. (coord), García-Carmona, A., & Cruz-Guzmán, M. (2016). La investigación en la escuela: indagar para aprender. In *Didáctica de las Ciencias Experimentales en Educación Primaria*. Madrid, Spain: Ediciones Paraninfo, S.A.
- Couso, D. (2014). De la moda de "aprender indagando" a la indagación para modelizar: una reflexión crítica. *26EDCE. Investigación y Transferencia Para Una Educación En Ciencias: Un Reto Emocionante*, 1–28.
- Gómez Crespo, M. Á., Pozo, J. I., & Gutiérrez Julián, M. S. (2004). Enseñando a comprender la naturaleza de la materia: el diálogo entre la química y nuestros sentidos. *Educación Química*, 15(3), 198–209.
- Grotzer, T., Houghton, C., & Basca, B. (2005). Causal Patterns in Density, 184. Recuperado de: <https://www.cfa.harvard.edu/smg/Website/UCP/pdfs/CausalPatternInDensity.pdf>
- Hadenfeldt, J. C., & Neumann, K. (2014). Understanding matter. A review of research on students' conceptions of matter. In *NARST* (pp. 1–26).
- Hadenfeldt, J. C., Neumann, K., Bernholt, S., Liu, X., & Parchmann, I. (2016). Students' progression in understanding the matter concept. *Journal of Research in Science Teaching*, 53(5), 683–708. <https://doi.org/10.1002/tea.21312>
- Hitt, A. M. (2005). Attacking a Dense Problem: A Learner-centered Approach to Teaching Density. *Science Activities*, 42(1), 25–29. <https://doi.org/10.3200/sats.42.1.25-29>
- Insausti, L., Ibarra, J., & Echeverría, J. (2015). Testing student understanding of density across primary and secondary school. In *ESERA Conference*.
- Maclin, D., Grosslight, L., & Davis, H. (1997). Teaching for Understanding: A Study of Students' Preinstruction Theories of Matter and a Comparison of the Effectiveness of Two Approaches to Teaching About Matter and Density. *Cognition and Instruction*, 15(3), 317–393.
- Napal Fraile, M., Echeverría Morrás, J., Zulet, A., Santos Cervera, L., & Ibarra Murillo, J. (2017). Strategies of Secondary School students to estimate density. *Enseñanza de Las Ciencias. Revista de Investigación y Experiencias Didácticas*, 36(1), 61.
- Napal Fraile, M., Ibarra, J., & Echeverría, J. (2016). Evolución de la

competencia en el uso del concepto de densidad en la Secundaria. In *27 EDCE*.

Napal Fraile, M., & Zudaire Ripa, M. I. (2019). *STEM. La enseñanza de las ciencias en la actualidad*. Dextra.

Napal, M., & Ibarra, J. (2016). Cómo depende la competencia en la estimación de la densidad de los datos sensoriales. In *SIEC*.

Palacios-Díaz, R., & Criado, A. M. (2017). Lo que no dicen los libros españoles de texto de educación secundaria obligatoria sobre la masa, el volumen y la densidad. *Enseñanza de Las Ciencias*, 35(2), 51–70.

Palacios-Díaz, R., & Criado García-Legaz, A. M. (2016). Explicaciones acerca de fenómenos relacionados con el volumen de líquido desplazado por un sólido en inmersión, con la densidad y con la flotación, en alumnado de Educación Secundaria Obligatoria. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 13(2), 230–247.

Pozo, J. I. (2002). La adquisición de conocimiento científico como un proceso de cambio representacional. *Investigações Em Ensino de Ciências*, 7(3), 245–270.

Raviolo, A., Moscato, M., & Schnersch, A. (2005). Enseñanza del concepto de densidad a través de un modelo analógico. *Revista de Enseñanza de La Física*, 18(2).

Real Decreto 1105/2014, de 26 de diciembre, por el que se establece el currículo básico de la Educación Secundaria Obligatoria y del Bachillerato (2014). Spain, Spain. Recuperado de: <http://www.boe.es/boe/dias/2015/01/03/pdfs/BOE-A-2015-37.pdf>

Smith, C. L., Snir, J., & Grosslight, L. (1992). Using conceptual models to facilitate conceptual change: The case of weight-density differentiation. *Cognition and Instruction*, 9(3), 221–283.

Trinidad-Velasco, R., & Garritz, A. (2003). Revisión de las concepciones alternativas de los estudiantes de secundaria sobre la estructura de la materia. *Educación Química*, (14), 92–105.

Anexos

INDICE

ANEXO 1 Cuestionario original de ideas previas realizado mediante Google Forms

ANEXO 2 Fichas de trabajo actividad 1

ANEXO 3 Fichas de trabajo actividad 2

ANEXO 4 Prueba de evaluación

ANEXO 1 Cuestionario original de ideas previas realizado mediante Google Forms

Osatu <https://docs.google.com/forms/d/1v-0c7rEjRiRmNRPI1yRVEib7...>


Osatu
* Required

1. Izen-abizenak *

2. Ikasmaila eta taldea (Adb. DBH 2 C) *

Osatu zure datuak marrazki fitxan ere

Zer dakit dentsitateari buruz?
Erantzun dakizuna, hurrengo galderet buruz. Ongi irakurri galdera bakoitza. Dudarik balego, irakasleari galdetu.



1 of 7 1/4/2019, 1:33 PM

Osatu <https://docs.google.com/forms/d/1v-0c7rEjRiRmNRPI1yRVEib7...>

3. 1. Zeintzuk dira materia? *
Check all that apply.

Hodeia
 Aire
 Ura
 Lainoa
 Klaxonaren hautsa
 Kea
 Itzala
 Aroa
 Gatz alasa
 Ohartzuna
 Globo bete baten barrukoa

4. Galdera erantzun du... *
Mark only one oval.

1 2 3 4 5

Balere zikur Oso ziur

Materia

5. Nola dakizu zerbait materia den ala ez?
Azaldu *

6. Galdera erantzun du... *
Mark only one oval.

1 2 3 4 5

Balere zikur Oso ziur

Masa, bolumena eta dentsitatea

3. Hartu kutxatik kortxo txuri trinkoz (poliestirenoa) osatutako bi bolak. Zein da zuzena?

7. Bola handiak, txikiak baino masa _____ du *
Mark only one oval.

handiagoa
 txikiagoa
 berdina

2 of 7 1/4/2019, 1:33 PM

Osatu <https://docs.google.com/forms/d/1v-nC7rEjRiRmINRPI1syRVF8Eib7...>

8. Bola handiak, txikiak baino bolumen _____ du *
Mark only one oval.

handiagoa
 txikiagoa
 berdina

9. Bola handiak, txikiak baino dentsitate _____ du *
Mark only one oval.

handiagoa
 txikiagoa
 berdina

10. Galdera erantzun dut... *
Mark only one oval.

1 2 3 4 5

Balere ziur Oso ziur

Dentsitatea

4. Zer da dentsitatea?

11. 4.1. *
Mark only one oval.

200 ml ur likido
 ur kantitate berdina lurrundua

12. 4.2. *
Mark only one oval.

Pinuaren egurrez egindako txotx bat
 Pinu berdinarean egurrez egindako enborra

13. 4.3. *
Mark only one oval.

izotz zati bat
 izotz berdina baina urtua

14. 4.4. *
Mark only one oval.

Aire hotzez betetako globo bat
 Globo berdina, baina beroa

3 of 7 1/4/2019, 1:33 PM

Osatu <https://docs.google.com/forms/d/1v-nC7rEjRiRmINRPI1syRVF8Eib7...>

15. Galdera erantzun du... *
Mark only one oval.

1 2 3 4 5

Balere ziur Oso ziur

MATERIALEN KUTXA + MARRAZKI FITXA


5. Hartu materialen kutxa eta marrazki fitxa eta egin eskatzen zaizuna

5.1. Tamaina bereko kobre eta aluminio zilindroak hartu eta erantzun


16. Zeinek dauka handiagoa? *
Mark only one oval per row.

	Kobrezko zilindroak	Aluminiozko zilindroak	Ez bata ez besteak
Masa	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Bolumena	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Dentsitatea	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

Marraztu fitxan nola imaginatzen dituzun maila mikroskopikoan, hau da, zoom superpotente batekin ikusteko aukera izango bagenu bezala



ALUMINIOA



KOBREA

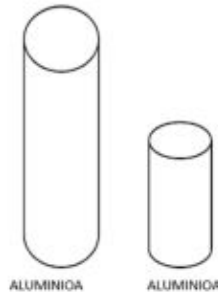
5.2. Aluminiozko zilindro handia eta txikia hartu eta erantzun

4 of 7 1/4/2019, 1:33 PM

17. Zeinek dauka handiagoa? *
Mark only one oval per row.

	Aluminiozko zilindro handiak	Aluminiozko zilindro txikiak	Ez bata ez besteak
Masa	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Bolumena	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Dentsitatea	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

Marratzu fitxan nola imaginatzen dituzun maila mikroskopikoan, hau da, zoom superpotente batekin ikusteko aukera izango bagenu bezala



5.3. Masa berdina duten Nylon zilindro txuria eta PVC zilindro beltza hartu eta erantzun

18. Zeinek dauka handiagoa? *
Mark only one oval per row.

	Nylon zilindro txuriak	PVC zilindro beltzak	Ez bata ez besteak
Masa	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Bolumena	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Dentsitatea	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

Marratzu fitxan nola imaginatzen dituzun maila mikroskopikoan, hau da, zoom superpotente batekin ikusteko aukera izango bagenu bezala

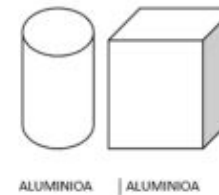


5.4. Altuera berdina duten aluminiozko zilindroa eta aluminiozko blokea hartu eta erantzun

19. Zeinek dauka handiagoa? *
Mark only one oval per row.

	Aluminiozko zilindroak	Aluminiozko blokeak	Ez bata ez besteak
Masa	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Bolumena	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Dentsitatea	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

Marratzu fitxan nola imaginatzen dituzun maila mikroskopikoan, hau da, zoom superpotente batekin ikusteko aukera izango bagenu bezala



20. Galderak erantzun ditut... *
Mark only one oval.

	1	2	3	4	5	Oso ziur
Batero ziur	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

Dentsitatea kalkulatu

21. 6. Objektu baten dentsitatea kalkulatu, bere masa 500 g eta bere bolumena 100 zentimetro kubiko (cm³) direla jakinda. *

22. 7. Probeta batean ura sartzen dugu 300 mL markatzen duen arte. Itxura irregularra duen harri bat sartzen dugu eta uraren maila 450 ml markaraino igozten da. Harriaren masa 220 g da. Zein da harri honen dentsitatea kg/m³-tan? *

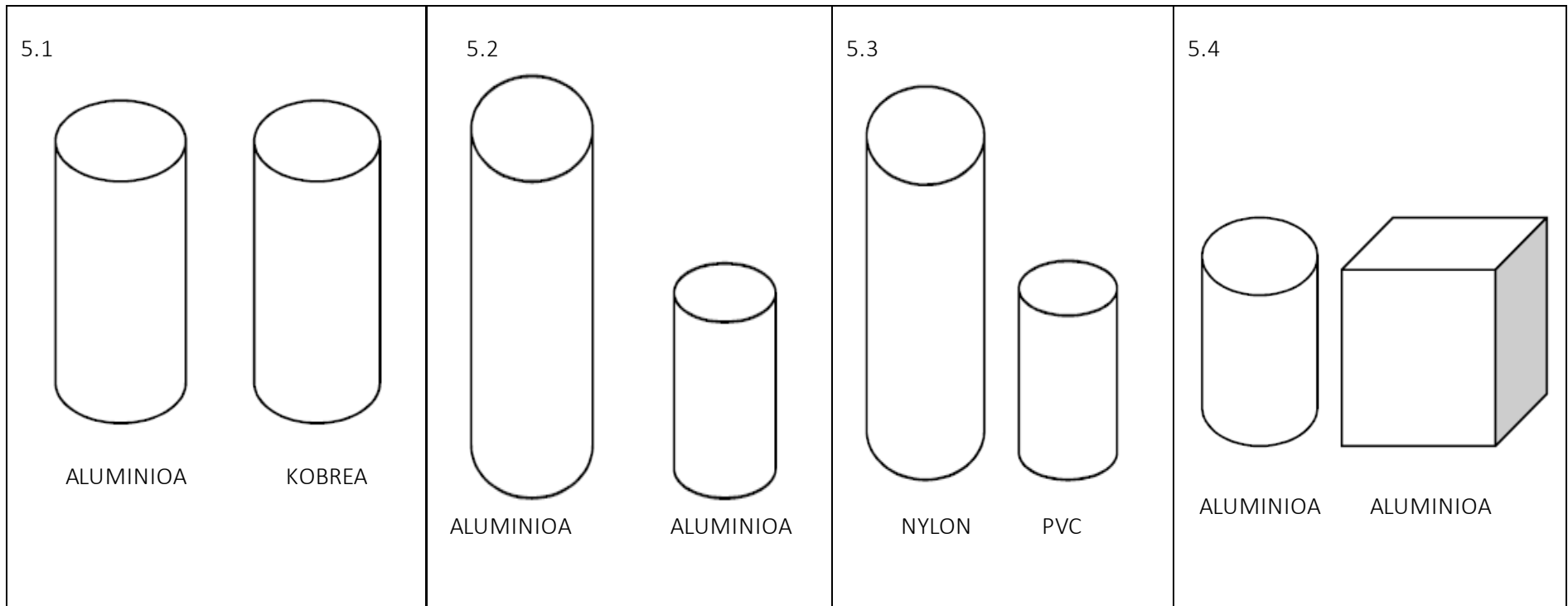
Powered by
 Google Forms

IZEN-ABIZENAK:

IKASMAILA ETA TALDEA:

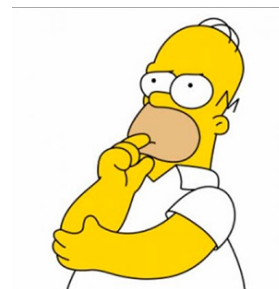
MATERIALAREN KUTXA + MARRAZKI FITXA

5. Marraztu nola imaginatzen dituzun maila mikroskopikoan, hau da, zoom superpotente batekin ikusteko aukera izango bagenu bezala



ANEXO 2 Fichas de trabajo actividad 1

Nola da posiblea bolumen berdina duten bi materialek, masa desberdina izatea? eta ondorioz, dentsitate desberdina?



1.- Hartu materialak (kobre eta aluminiozko zilindroak) eta erantzun (3 min):

- Bolumen berdina dute? Behatu eta ziurtatu. Nola dakizu?
- Berdin pisatzen al dute? Erantzuna ez bada, zeinek pisatzen du gehiago?

2.- Zergatik uste duzue, bolumen berdina duten bi materialek, masa desberdina izan dezaketela? Zuen aurrezagutzak idatzi. Azaltzeko irudi bate gin dezakezue behar izatekotan (5 min).

3.- Hartu informazio fitxa eta behatu aluminio eta kobreaki dagozkion zutabeak. Ondoren, erantzun ondoko galderei (5 min):

- Aluminio eta kobre atomoen tamaina antzekoa al da?
- Eta estruktura kristalinoa?
- Zein parametro da nabarmenki desberdina dutena?

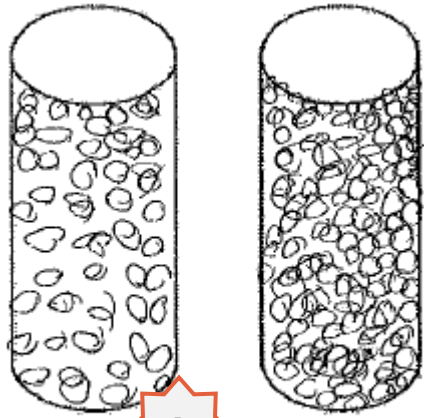
4.- Hartu modelo mikroskopiko desberdinen fitxa eta aukeratu hobekien irudikatzen duena aluminioaren eta kobreakin arteko desberdintasuna. (Demagun atomoak borobilak bezala irudikatu ditzazkegula). Zergatik aukeratu duzue hori? Arrazoitu zuen erantzuna (10-15 min).

5.- Irudikatu atzeko partean, aluminioa eta kobreakin ereduak. Gogoratu atomo tamaina eta estruktura kristalinoa antzekoa dutela. Masa desberdina adierazteko erabili kolore desberdinetako boligrafoak (5 min).

6.- Zink metalaren masa atomikoa kobreako antzekoa da, baina atomoen tamaina. Beraz, zergatik uste duzue dentsitate desberdina dutela? Nolako izango da estruktura kristalinoa? Irudikatu atzekaldean (erabili beste koloretako bolígrafo bat).

7.- Su artifizialen laborategiko erreakzioa gogoratzen duzue? Magnesioa zen. Begiratu magnesioaren propietateak, irudikatu atzekaldean, eta esan zergatik duen beste hiru metalek baino dentsitate txikiagoa.

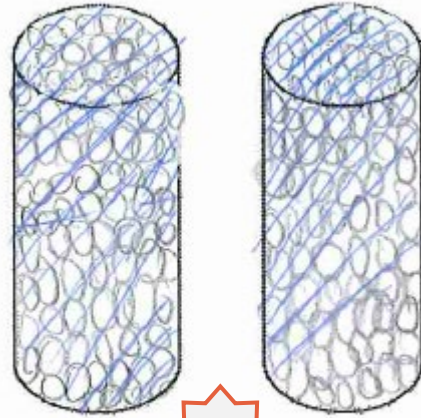
8.- Amaitzeko, ondoriozta dezagun. Orokorrean, materialen egitura mikroskopikoari begiratzen badiogu, zeren arabera da materialen dentsitatea?



1

ALUMINIOA

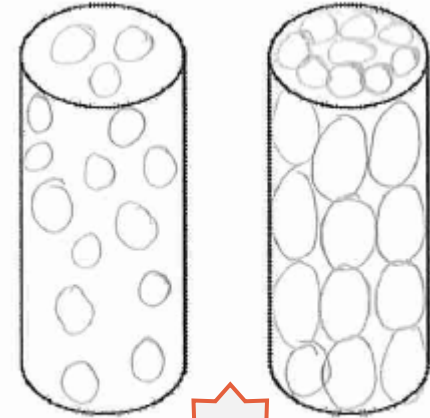
KOBREA



2

ALUMINIOA

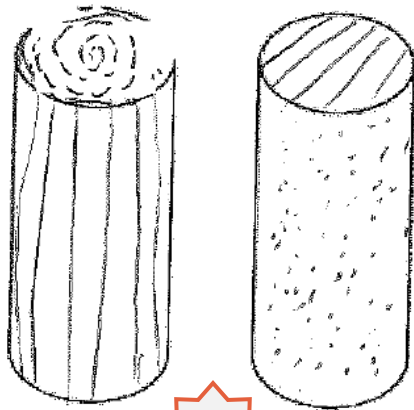
KOBREA



3

ALUMINIOA

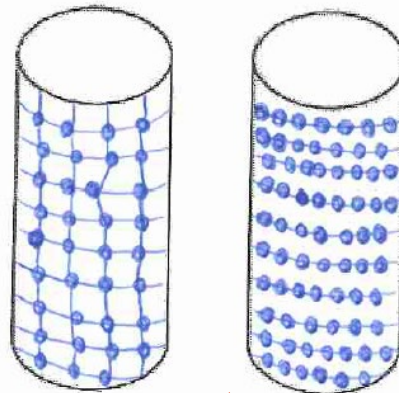
KOBREA



4

ALUMINIOA

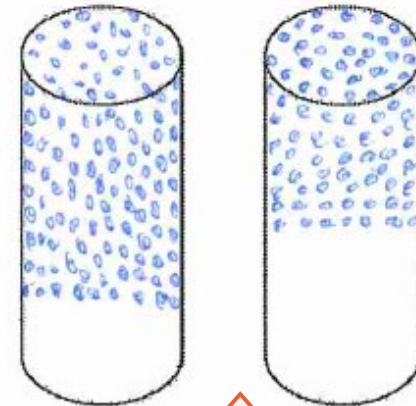
KOBREA



5

ALUMINIOA


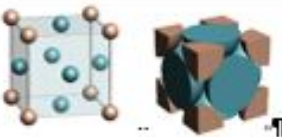
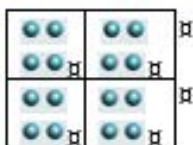
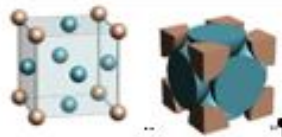

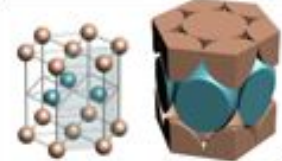

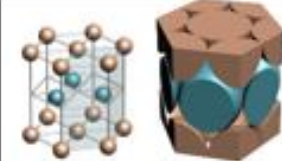
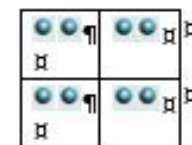

KOBREA



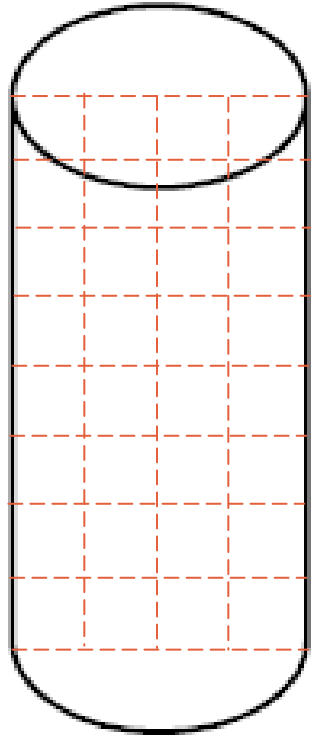
6

ALUMINIOA

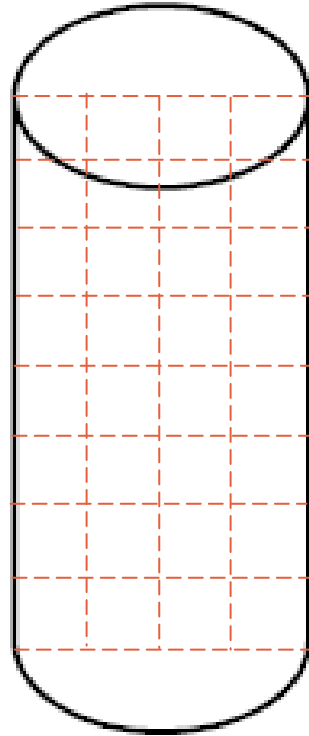
KOBREA

	ALUMINIOα	KOBREAα	ZINKAα	MAGNESIOAα
MASA·MOLARRA·(g/mol)¶  $6,022 \times 10^{23}$ <i>atomok pisatzen dutena</i>	27α	63,6α	65,4α	24,3α
ESTRUKTURA·KRISTALINOA¶ <i>Atomoen antolaketa mikroskopikoa</i>	 4-atomo-gelaxka-bakoitzean¶ 	 4-atomo-gelaxka-bakoitzean¶ 	 2-atomo-gelaxka-bakoitzean¶ 	 2-atomo-gelaxka-bakoitzean¶ 
ERRADIO·ATOMIKOA·(Å)¶  <i>Atomoaren tamaina esfera bat bezala balitz¶</i> 0,000 000 000 100 α nm αm αμm αpm	1,43α	1,28α	1,38α	1,6α
DENTSITATEA·(g/cm³)α	2,7α	8,96α	7,13α	1,74α

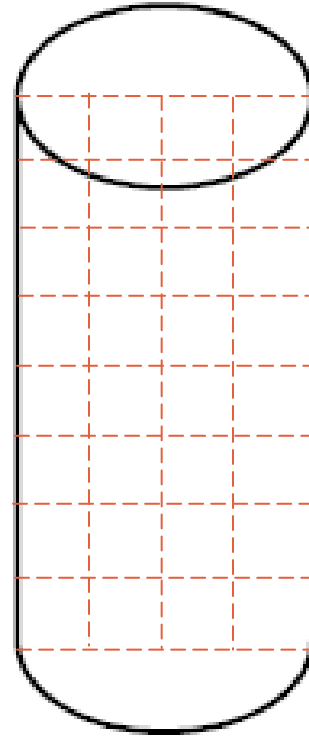
ALUMINIOA



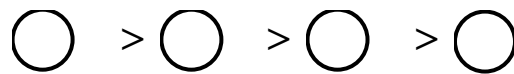
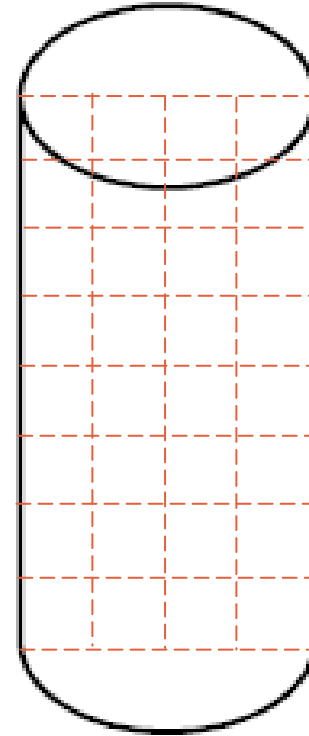
KOBREA



ZINKA

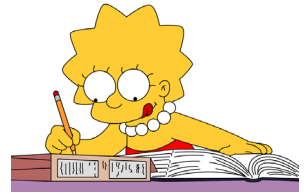


MAGNESIOA

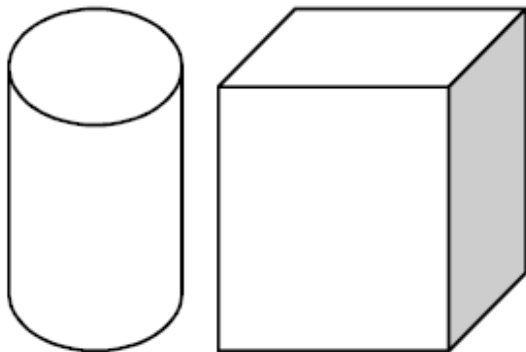


ANEXO 3 Fichas de trabajo actividad 2

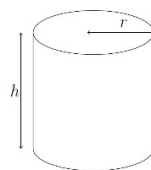
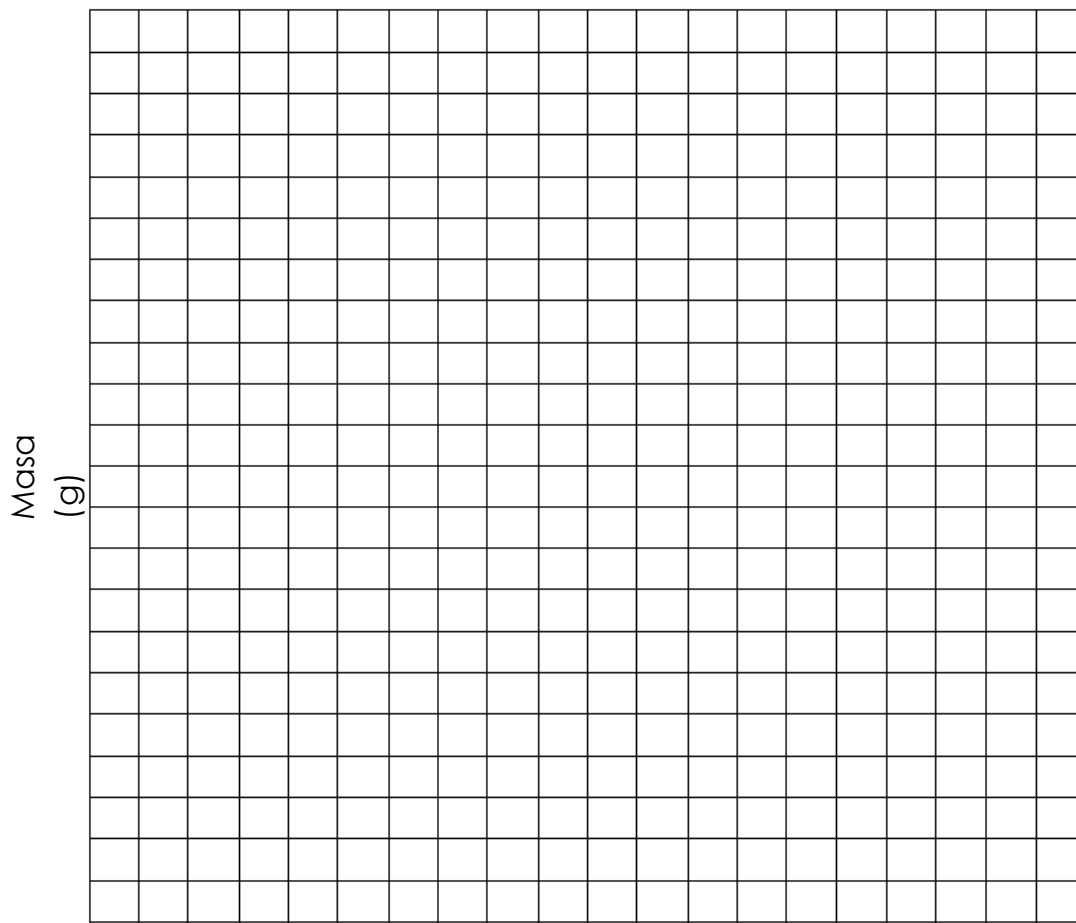
Nola neurtu dezakegu material baten masa eta bolumena? Eta nola kalkulatzen dugu dentsitatea?



- 1.- Nola neurtu dezakegu material baten masa?
- 2.- Neurtu aluminiozko pieza baten masa:
- 3.- Nola neurtu dezakegu material baten bolumena?
- 4.- Neurtu bolumena bi metodoen bitartez eta konparatu balioak:
- 5.- Atzeko taulan apuntatu neurtutako pieza guztiean masa, bolumena.
- 6.- Irudikatu taulako datuak grafikan. Zuzen bat ateratzen al da?
- 7.- Kalkulatu taulako balioekin, material pieza bakoitzaren dentsitatea. Masa eta bolumena balioen arteko proportzioa mantentzen al da?
- 8.- Material bat erditik zatitzen badugu, dentsitate berdina izango du?
- 9.- Irudikatu egitura mikroskopikoa



Taldea	Masa (g)	Bolumena (ml)	Bolumena (cm ³)	Dentsitatea (g/ml edo g/cm ³)
1				
2				
3				
4				
5				



$$V = \pi \cdot r^2 \cdot h$$

ZILINDRO BATEN BOLUMENA

ANEXO 4 Prueba de evaluación

EBALUAZIO FROGA

23/04/2018

DBH 2, Askatasuna BHI

IZEN ABIZENAK:

TALDEA:

1.- Ondoko material hauen masa eta bolumena neurtu ditugu laborategian. Kalkula ezazu material bakoitzaren dentsitatea eskuineko zutabea osatuz (1 puntu).

MATERIAL	MASA (g)	BOLUMENA (ml)	DENTSITATEA (g/ml)
A	162	60	
B	1990	250	
D	386	20	
E	840	80	

2.- Hurrengo taulan zenbait materialen dentsitatea laburtzen da.

MATERIALA	DENTSITATEA (g/ml)	MATERIALA	DENTSITATEA (g/ml)
Aluminioa	2.7	Kobrea	8,96
Ura	1	Burdina	7,96
Diamantea	3.52	Urrea	19,3
Airea	0.0012	Zilarra	10,5

Aurreko taula behatuz, asmatu zein material diren lehenengo galderakoak (1 puntu).

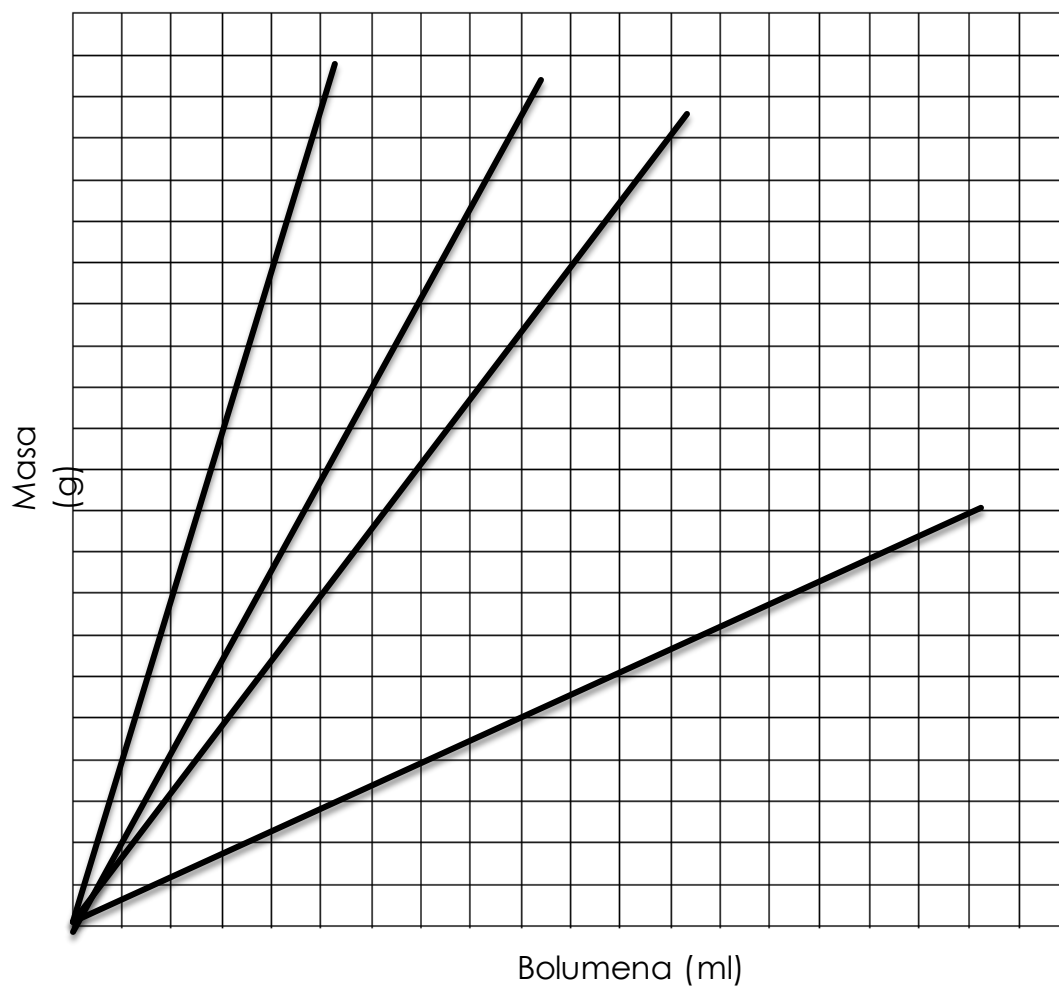
A:

B:

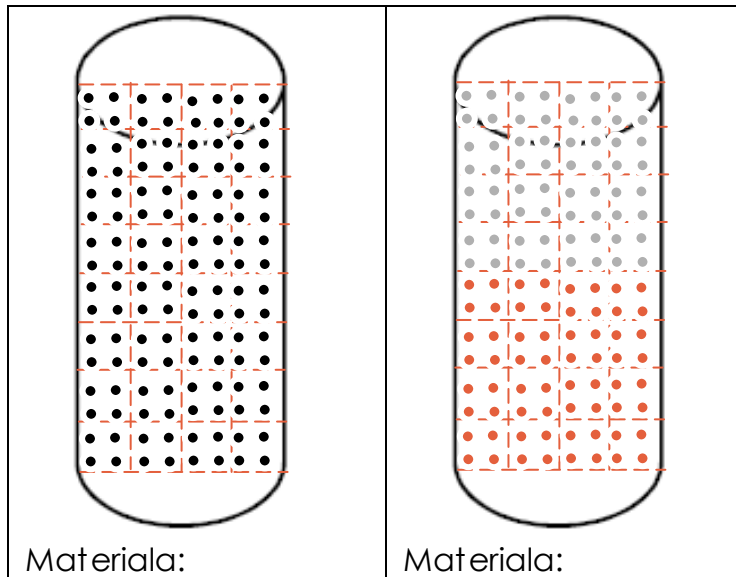
D:

E:

3.-Hurrengo grafikoan lau zuzen agertzen dira, masa eta bolumenaren arteko erlazio proportzionala adierazten dutelarik. Identifikatu marra bakoitza A, B, D eta E materialekin (2 puntu).



4.- Irudi hauetan D eta E materialen eredu mikroskopikoa behatu daiteke. Kolore grisa duten atomoak 197 masa unitate dira eta kolore beltza duten atomoek 108 masa unitate dute. Identifikatu zein material diren (1 puntu).



5.-Zink eta Kromo metalek dentsitate ia berdina dute. Elementu hauen masa atomikoak, 65,38 unitate eta 51,99 unitate dira, hau da, zinkaren atomoek masa handiagoa dute kromoarenak baino. Nola izan daiteke bi material hauek dentsitate berdina izatea? Azaldu zure hitzekin eta marraztu (3 puntu).

Azaldu zure hitzekin:

.....

.....

.....

