

ESTRATEGIAS PARA LA REPRESENTACIÓN DE LA MATERIA Y DE LA DENSIDAD EN ALUMNADO DE SECUNDARIA

María Napal Fraile, Julia Ibarra Murillo

*Didáctica de Ciencias Experimentales. Dpto. Psicología y Pedagogía.
Universidad Pública de Navarra.*

Jesús Echeverría Morrás

*Química Inorgánica. Dpto. Química Aplicada. Instituto de Materiales Avanzados.
Universidad Pública de Navarra.*

RESUMEN: El objetivo de este trabajo es evaluar las estrategias que posee el alumnado de Secundaria para la representación de la materia y la densidad. A lo largo de los cursos, la definición de la materia experimenta un desplazamiento desde la utilización de criterios sensoriales hacia los cuantitativos. Respecto a su representación, se abandonan paulatinamente las estrategias más básicas, basadas en tramas, para incorporar modelos de partículas progresivamente más refinados. Las definiciones más básicas se asocian a representaciones primitivas (con tramas), y definiciones cuantitativas (precisas o imprecisas), con representaciones que usan partículas. Pero representaciones o definiciones más elaboradas de la materia no conllevan representaciones más correctas de la densidad.

PALABRAS CLAVE: Densidad, materia, Secundaria, competencia, modelos de representación

OBJETIVOS: Por una parte, queremos evaluar si el dominio de los términos técnicos para definir la densidad se adquiere de modo comparable a la habilidad de representarlo; por otra, pretendemos evaluar si existe una correlación entre el nivel de competencia en la representación de la materia y en la de la densidad. Nuestros objetivos específicos son:

- Describir los niveles de competencia en la definición de la materia en Secundaria.
- Describir los modelos usados para representar la materia en Secundaria.
- Describir las estrategias para representar las diferencias en la densidad de las diferentes sustancias.
- Explorar si hay correlación entre el modo de representar la materia y su definición, y entre ambas y la representación de la densidad.

MARCO TEÓRICO

El concepto de densidad es uno de los conceptos básicos en las ciencias físicas, químicas y en la biología. Muchos estudiantes que usan correctamente la ecuación de la densidad para conocer su valor numérico tienen dificultades para incluir las unidades apropiadas o para contestar a preguntas de tipo cualitativo que exijan conocer el concepto de densidad.

Según Hitt (2005) la dificultad del concepto se debe a que es un concepto abstracto, una cualidad de la materia que deriva de dos características cuantitativas que sí tienen relación con la vida cotidiana: masa y volumen. Y los estudiantes la encuentran demasiado profunda para comprender o demasiado teórica respecto a su aplicación en la vida real, y tienen problemas para utilizarla con competencia en contextos reales o problemas prácticos.

Las dificultades en el concepto de densidad van unidas a las que los alumnos muestran en entender la estructura atómica de la materia y su aplicación en las transformaciones químicas (Furió-Más, Domínguez-Sales, & Guisasaola, 2012). Que la organización de los átomos y los electrones en una sustancia puede afectar sus propiedades macroscópicas es una idea central en química (Cooper & Corley, 2013). Aún así, se observa que los estudiantes experimentan grandes dificultades con muchas de las tareas necesarias para unir estructura a propiedades, incluyendo dibujar las estructuras, o utilizarlas para predecir propiedades químicas o físicas (Cooper & Corley, 2013).

Pocos estudios han descrito las estrategias usadas para representar gráficamente las diferencias en densidad (e.g. (Grotzer, Houghton, & Basca, 2005)) y, hasta donde hemos podido conocer, ninguno ha inquirido de modo sistemático en su representación microscópica. En ocasiones pueden explicar la estructura de objetos con la misma masa y distinto volumen porque están llenos de aire o tienen huecos; en otras, por características intensivas de la materia.

En este trabajo planteamos una investigación sobre los criterios utilizados para definir la materia, las estrategias utilizadas para su representación (desde la materia continua hasta los modelos complejos de partículas (Johnson & Tymms, 2011), y la relación de ambas con la aproximación utilizada para la representación de la densidad.

METODOLOGÍA

Se realizó un cuestionario, previamente testado con alumnos de 13-14 años. En esta comunicación se refieren los resultados de 2 preguntas, una de respuesta abierta de definición de la materia (Q1), y otra de representación de la materia, en el contexto de una comparación de Volumen, Masa y Densidad entre pares de objetos (Q2).

Q1: ¿cómo puedes saber si algo es materia o no? Explícalo.

Q2: Dibuja cómo se vería cada uno de estos objetos, si los vieses con un zoom muy potente. (los objetos son un cubo de aluminio, cilindros de aluminio, cobre, PVC y nylon).

El cuestionario se presenta con un kit de material de mano individual. El cuestionario se ha realizado en dos centros concertados, en un total de 196 alumnos de todos los cursos de la ESO (1º a 4º) y en 57 alumnos de bachiller. De estas 254 encuestas se obtuvieron 168 respuestas válidas (72%). Los investigadores no han intervenido en la preparación de las clases en el centro ni en la impartición de la docencia.

RESULTADOS

Definición de la materia

Los alumnos de los primeros cursos utilizan con más frecuencia criterios sensoriales u cualitativos, mientras que en los últimos cursos se recurre más a criterios cuantitativos (Tabla 1). Especialmente claro es el uso de criterios cuantitativos precisos (masa, volumen, densidad) en 4º. En general la existencia de partículas se menciona poco, y no se observa evolución.

Tabla 1.
Criterios utilizados por los alumnos para definir qué es materia,
y porcentaje de alumnos que utiliza cada uno de los criterios, por curso.

CRITERIO		cat	1ESO	2ESO	3ESO	4ESO	Total
Indefinido; respuestas ininterpretables		1	13	2	0	8	6
Características sensitivas (tocar u otras), o referidas al estado de la materia, o composición.		2	37	24	33	26	30
Mediciones	Imprecisas (se puede medir, tocar...)	3	20	45	19	18	27
Mediciones	Asociadas a magnitudes (m,V,d)	4	22	25	35	36	29
Formadas por átomos o moléculas		5	4	0	6	8	4
NS/NC		0	4	4	6	5	5

Representación de la materia

Tabla 2.
Descripción de los modelos de representación de la materia

CAT	DESCRIPCIÓN
1	Tramas
2	Embedded (partículas embebidas en tramas)
3	Partículas sin separación
4	Partículas separadas
5	Redes (incl. Redes metálicas)
6	Modelos de orbitales

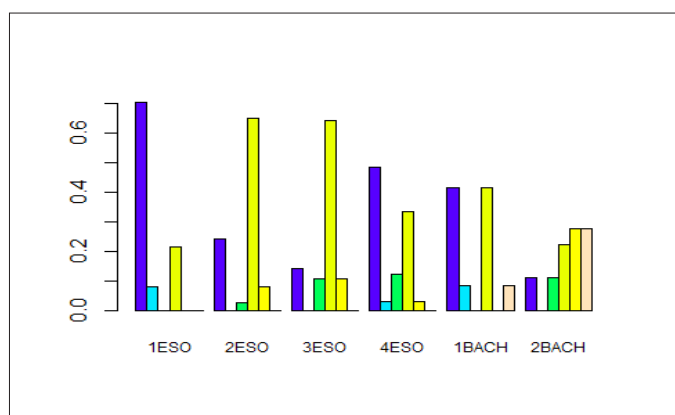


Imagen 1. Evolución de los modelos de representación de la materia por curso

A lo largo de la Secundaria Obligatoria y Bachiller se observa un cambio en el modelo de representación utilizado (ver Tabla 2). En 1er curso predominan modelos sencillos, de tramas, en 2º y 3º se incorpora el uso de partículas discretas, para añadirse en 2º de Bachiller modelos complejos de redes o representaciones más sofisticadas de las moléculas (Figura 1). Puede decirse, por tanto, que hay una

progresión en el modo de representación de la materia a lo largo de los cursos ($\rho=0.28$; $p<0.01$), con una asociación moderadamente fuerte entre variables (V de Cramer=0.488).

Estrategias para la representación de la densidad

Se consideraron 3 modelos alternativos, mutuamente no exclusivos: (1) modelo “extensivo” - en el contexto de un *half model* (sensu Grotzer, Houghton, & Basca, 2005), se representa de algún modo más cantidad de materia en respuesta a la mayor densidad*; (2) modelo “micro” - la densidad* se explica por características de las partículas individuales (menor o mayor tamaño, color); (3) modelo de “empaquetamiento” - las diferencias en densidad* se deben a diferentes grados de empaquetamiento, o distancias entre partículas. Para cada uno de los modelos, se evaluó si la representación era coherente con la masa, con la densidad o con ninguna de ellas (incoherente), a partir de la respuesta del alumno, y no de la realidad.

22 alumnos o alumnas recurrieron a la estrategia “extensiva”, “26” a la “micro”, 79 al “empaquetamiento”. La mayor parte de las respuestas se limitaron a una única estrategia, aunque también hay estudiantes que combinan dos de ellas, o las tres (Imagen 2). No hay relación con el curso.

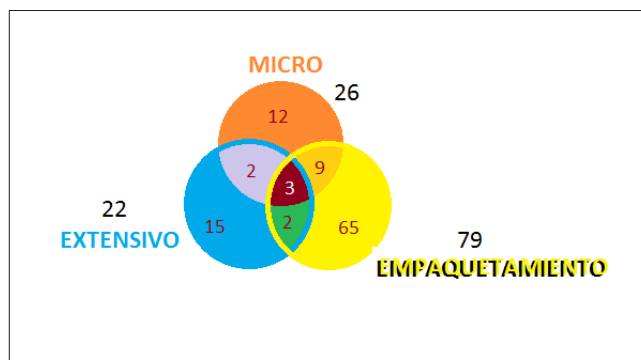


Imagen2. Recuento del número de estudiantes por modelo o combinación de ellos.

Relación entre definición, representación de la materia, y representación de la densidad

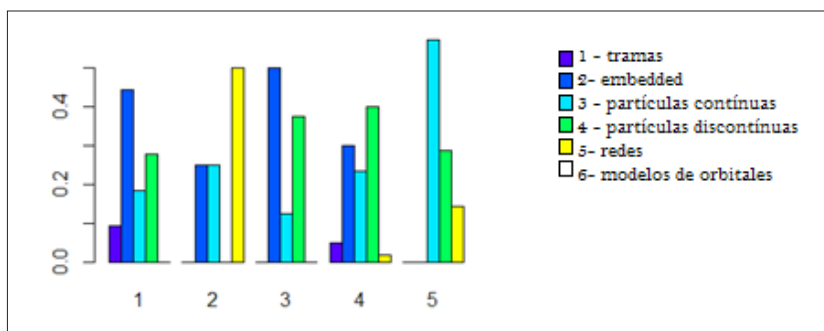


Imagen 3. Modelo de representación de la materia (1 a 6, Tabla 2), agrupadas en función de la categoría de definición de la materia (1-5, tabla 1).

De modo amplio, las definiciones de nivel más bajo (no definición, o criterios sensoriales) manejan modelos primitivos con tramas (1; Tabla 2). Los niveles intermedios de partículas (3,4) se asocian más estrechamente con definiciones cuantitativas, precisas o imprecisas. En contraste, las definiciones que mencionan partículas, a pesar de su baja ocurrencia, no aparecen más frecuentemente asociadas a representaciones que se basan en partículas (Imagen 3).

Del mismo modo, se aprecia cómo la estrategia extensiva predomina entre los alumnos que dan una definición sensorial, y posteriormente decrece, aunque no decae. En general, no hay una relación clara entre dar una definición más avanzada y utilizar un modelo mejor para la representación de la densidad (Imagen 4)

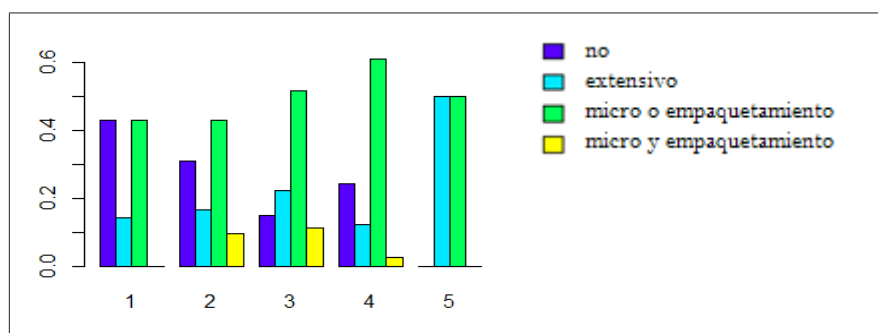


Imagen 4. Estrategia de representación de la densidad, agrupadas en función de la categoría de definición de la materia (1-5, tabla 2).

Existe una asociación entre variables moderada en la representación de la materia, y la representación de la densidad ($\chi^2=14.108$, $gl=6$, $p=0.02845$; V de Cramer 0.219). Así, aquellos que recurren a modelos más básicos (1-2) carecen con más frecuencia de estrategias válidas. Aunque alcanzar modelos elaborados no garantiza una mayor competencia en la representación de la densidad; de hecho, la correlación ordinal no es significativa ($\rho=0.149$, $p=0.071$).

Aquellos con modelos intermedios (3-4) son los únicos que alcanzan la mejor estrategia (micro + empaquetamiento) (Imagen 5).

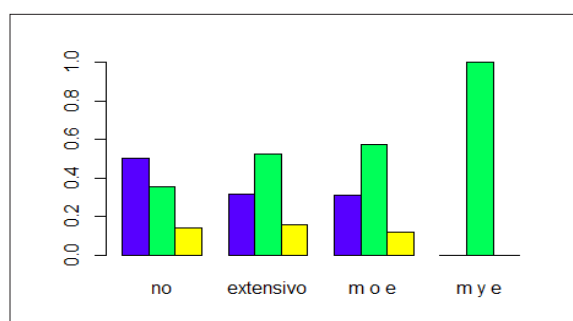


Imagen 5. Modelos de representación de materia, agrupados en función de la estrategia para representar la densidad (no, extensivo, m o e= micro o extensivo, m y e=micro y extensivo).

CONCLUSIONES

Con el paso de los cursos se van refinando tanto los criterios mencionados en la definición de la materia como las estrategias utilizadas para representarla. Usando como referencia la secuencia de modelos propuesta por Johnson (Johnson & Tymms, 2011): materia continua, partículas embebidas en tramas, partículas, etc. puede establecerse una correspondencia con la calidad de las definiciones proporcionadas.

Sin embargo, ni representación ni definición están fuertemente relacionadas con la representación de la densidad. Es posible apropiarse de un lenguaje técnico o de las representaciones de convenio para describir o simbolizar la materia, sin que esto se refleje en un cambio efectivo de estrategia en el nivel de competencia en la representación de la densidad.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- COOPER, M., & CORLEY, L. U. S. (2013). An investigation of college chemistry students' understanding of structure-property relationships. *JOURNAL OF RESEARCH IN SCIENCE TEACHING*, 50(6), 699–721.
- FURIÓ-MÁS, C., DOMÍNGUEZ-SALES, M. C., & GUIASOLA, J. (2012). Diseño e implementación de una secuencia de enseñanza para introducir los conceptos de sustancia y compuesto químico. *Enseñanza de Las Ciencias*, 30(1), 113–128.
- GROTZER, T., HOUGHTON, C., & BASCA, B. (2005). *Causal Patterns in Density*. (National Science Foundation, Ed.). Cambridge.
- HITT, A. M. (2005). Attacking a Dense Problem: A Learner-centered Approach to Teaching Density. *Science Activities: Classroom Projects and Curriculum Ideas*. ERIC.
- JOHNSON, P., & TYMMS, P. (2011). The Emergence of a Learning Progression in Middle School Chemistry. *Journal of Research in Science Teaching*, 48(8), 849–877.