

## La comprensión de estudiantes de primer año de universidad sobre el concepto de densidad. Análisis de entrevistas

*First-year university students' understanding of the concept of density. Interview analysis*

Andrés Raviolo<sup>1</sup>, Tatiana Ekkert<sup>1</sup> y Chantal Carballo<sup>1</sup>

### Resumen

La densidad es un concepto inicial y básico en las ciencias experimentales. En este artículo se analizan y discuten los resultados obtenidos de entrevistas con protocolo pensando en voz alta sobre la comprensión del concepto de densidad. Se entrevistaron 12 estudiantes de un curso de química de primer año de universidad, a los que se les solicitó explicar las respuestas elegidas al resolver el cuestionario Razonando con Densidad. Este cuestionario indaga las relaciones lógico-matemáticas entre las variables  $m$ ,  $V$  y  $d$ . Se presentan los resultados clasificados en categorías y la discusión de sus implicaciones.

### Palabras clave

Densidad, aprendizaje, entrevistas, enseñanza.

### Abstract

Density is an initial and basic concept in experimental sciences. In this article, the results obtained from interviews with the thinking aloud protocol about the understanding of the concept of density are analyzed and discussed. 12 students from a first-year university chemistry course were interviewed and asked to explain the answers chosen when solving the Reasoning with Density questionnaire. This questionnaire investigates the logical-mathematical relationships between the variables  $m$ ,  $V$  and  $d$ . The results classified into categories and the discussion of their implications are presented.

### Keywords

Density, learning, interviews, teaching.

### CÓMO CITAR:

Raviolo, A., Ekkert, T. y Carballo, C. (2024, julio-septiembre). La comprensión de estudiantes de primer año de universidad sobre el concepto de densidad. Análisis de entrevistas. *Educación Química*, 35(3). <https://doi.org/10.22201/fq.18708404e.2024.3.86553>

<sup>1</sup> Universidad Nacional de Río Negro. Bariloche. Argentina.

## Introducción

Puede considerarse a la densidad como un concepto básico e imprescindible de las ciencias naturales por su valor explicativo y sus aplicaciones en un sinnúmero de fenómenos. También constituye un concepto inicial para las ciencias experimentales, porque relaciona dos propiedades generales de la materia (masa y volumen), frecuentemente incluidas en las primeras mediciones que se realizan en las instituciones educativas. La noción de densidad se aplica, o está involucrada, en muchos fenómenos como: identificación de sustancias, estados de agregación de la materia, fluidos, disoluciones, separación de sistemas materiales, flotación, hidrostática, etc.

Sin embargo, estas características no convierten a la densidad en un concepto sencillo. Dado que se contrapone, por un lado, con la complejidad que muestra su construcción histórica como concepto científico, ligadas a la definición de masa (Hashweh, 2016) y, por otro lado, en la complejidad que conlleva su aprendizaje en distintos niveles educativos, incluso universitarios (Martínez-Borreguero et al., 2018).

La noción de densidad tiene presencia en la vida cotidiana, en las experiencias sensoriales y en el lenguaje común. En el lenguaje común se emplea el término denso como sinónimo de pesado, viscoso, apretado, espeso, etc. La masa y el volumen se perciben con nuestros sentidos, esto lleva a que el tamaño o la forma influyan en su apreciación, lo que contribuye a la indeseable indiferenciación entre los conceptos masa, volumen y densidad. La noción de densidad se trasluce cuando se menciona que algo es “pesado para su tamaño”. Conocida la diferencia entre los conceptos masa y peso, suelen utilizarse ambos términos indistintamente, al igual que en la vida cotidiana, por ejemplo, la acción de medir la masa pesando en una balanza.

Es frecuente que en la enseñanza se presente el tema densidad de una forma restringida (Botero, 2010), dado que suele focalizarse en la memorización de la definición de densidad como un cociente y en su aplicación centrada en el uso del algoritmo  $d = m/V$  (Dawkins et al., 2008).

El concepto de densidad posee un carácter abstracto al definirse como el cociente entre la masa y el volumen; sin embargo, las y los estudiantes tienden a focalizarse en una sola propiedad. Su aprendizaje demanda la construcción de una causalidad relacional, donde ni la masa ni el volumen por separado bastan para definir la densidad (Napal et al., 2018).

Al comparar iguales volúmenes de dos sustancias diferentes, la densidad de ellas es directamente proporcional a la masa. Al comparar iguales masas de dos sustancias diferentes, la densidad es inversamente proporcional a sus volúmenes. Por ello, la densidad, como otras propiedades intensivas, constituye un tema idóneo para desarrollar conceptos y razonamientos matemáticos como razón y proporcionalidad (Howe et al., 2011).

Por todo lo mencionado, la densidad es considerada como un concepto estructurante dado que, con una propuesta didáctica adecuada, promueve el desarrollo de habilidades cognitivas y asienta la base de la estructura de relaciones entre conceptos científicos (Botero, 2010).

## Dificultades y concepciones alternativas

Harrel y Subramaniam (2014) presentan una revisión bibliográfica sobre las concepciones alternativas frecuentes, clasificadas según el nivel educativo, referidas al concepto de densidad. Gran parte de estas concepciones (9 de 13) se refieren a aspectos relacionados a la flotación, como la creencia que el peso del objeto es la única variable que determina la flotación o hundimiento. En dicha revisión se aprecia que las dificultades se mantienen en los distintos niveles formales de educación. Al respecto, el presente artículo se focaliza en las concepciones que se refieren al concepto de densidad de una sustancia.

Es frecuente que estudiantes que no diferencian los conceptos masa, volumen y densidad, le atribuyen características de uno a otro. Que confundan, por ejemplo, densidad y masa o peso; que la asocien a “la pesadez” a “algo denso como algo pesado” (Smith et al., 1985). Esta confusión entre masa y densidad conduce a una visión extensiva de la densidad, que admite que a mayor masa mayor densidad, sin considerar al volumen. En general, constituye un desafío la comprensión de la independencia de una propiedad intensiva con la cantidad (Fassouloupoulos et al., 2003).

Roach (2001) halló que solo el 6 % de 43 estudiantes universitarios, de un curso general de ciencias, consideraban a la densidad de un objeto como independiente de su tamaño y forma. Generalmente suelen afirmar que a mayor volumen, de una sustancia líquida en un recipiente, mayor densidad. Dado que confunden cambios de forma con cambios de volumen, pueden sostener que cambia la densidad de un líquido al cambiar a otro recipiente que tiene otra forma (Fassouloupoulos et al., 2003).

Ante situaciones que requieren un razonamiento inversamente proporcional, es frecuente que afirmen que a mayor volumen mayor densidad, en situaciones donde la masa permanece constante. Stavy y Tirosh (1996) afirman que ante situaciones de comparación, en distintos contextos de contenido, las personas se rigen por un número reducido de reglas intuitivas, entre ellas: “cuanto más A, más B”, no válida para relaciones inversamente proporcionales.

Otra dificultad se presenta en reconocer a la densidad como una propiedad específica de una sustancia (Dawkins, et al., 2008). Aunque el hecho de que las y los estudiantes consideren a la densidad como una propiedad característica de la sustancia, que en los cuestionarios asuman que si no cambia la sustancia la densidad es la misma, no implica que tengan una comprensión profunda del concepto (Martínez-Borreguero et al., 2018).

Respecto a su comprensión a nivel submicroscópico, se aprecia que estudiantes de distintos niveles educativos relacionan inadecuadamente, o en forma incompleta, la agrupación de partículas con la densidad (Hewson, 1986).

En química suelen confundir densidad con concentración (Heyworth, 1999). Consideran, por ejemplo, a la densidad de una disolución como una relación entre masa del soluto y volumen de la disolución.

En este artículo nos interesa profundizar en las dificultades que persisten en estudiantes de primer año de universidad en la comprensión del concepto de densidad de sustancias y en el establecimiento de las relaciones adecuadas entre las variables.

## Objetivo de la investigación

A través de entrevistas, indagar en los argumentos que emiten las y los estudiantes cuando resuelven un cuestionario sobre densidad y brindar explicaciones de los resultados obtenidos de la administración de dicho cuestionario.

## Cuestionario Razonando con Densidad (RCD)

Muchos de los instrumentos utilizados para indagar el aprendizaje del concepto de densidad se centran en examinar consecuencias de la densidad, como la flotación y o desplazamiento de líquidos. En cambio, el instrumento utilizado en esta investigación persigue el objetivo de indagar la comprensión del concepto de densidad, poniendo el foco en el establecimiento de las relaciones adecuadas entre estas tres variables involucradas en su definición, dos variables extensivas: masa y volumen, y una variable intensiva: la densidad.

La comprensión profunda del concepto de densidad implicaría relacionar correctamente estas tres variables, poniendo en juego razonamientos que involucran la proporcionalidad y control de variables. El control de variables consiste en dejar una de las tres variables fija y analizar las relaciones que se establecen entre las otras dos. Estas relaciones se desarrollan en el Cuadro 1.

**CUADRO 1.** Relaciones lógico-matemáticas de las variables incluidas en la definición de densidad.

<b><math>d \cdot V = m</math>; <math>k = \text{constante}</math></b>
-Si <b><math>d</math></b> es constante: <b><math>V \cdot k = m</math></b> ; a mayor <b><math>V</math></b> , mayor <b><math>m</math></b> ; a menor <b><math>m</math></b> , menor <b><math>V</math></b>
-Si <b><math>V</math></b> es constante: <b><math>d \cdot k = m</math></b> ; a mayor <b><math>d</math></b> , mayor <b><math>m</math></b> ; a menor <b><math>m</math></b> , menor <b><math>d</math></b>
-Si <b><math>m</math></b> es constante: <b><math>d \cdot V = k</math></b> ; a mayor <b><math>d</math></b> , menor <b><math>V</math></b> ; a menor <b><math>V</math></b> , mayor <b><math>d</math></b>

Sobre la base de estas 6 relaciones se confeccionó el cuestionario “Razonando con Densidad” (RCD) (Raviolo, et al., 2022) que se presenta en el Anexo. En este instrumento se emplea como unidad de densidad g/mL por ser unidades de uso cotidiano para las y los estudiantes y por tratarse de sustancias líquidas. El cuestionario recorre las seis relaciones entre las variables con grado creciente de dificultad. Durante la administración de este instrumento se indica a las y los estudiantes que deben resolverlo mentalmente, sin calculadora y sin realizar cálculos en la hoja. El tiempo promedio de contestación es aproximadamente 15 minutos.

El cuestionario RDC fue contestado por 72 estudiantes de primer año de universidad, que cursaban la asignatura Química General, con edad promedio de 22,3 años. Se administró el cuestionario en el segundo mes de cursada. El concepto densidad fue aplicado en dicha asignatura en diversos temas, como propiedades específicas de sustancias, cálculo y preparación de disoluciones, mediciones y cifras significativas.

Para evaluar las respuestas al cuestionario se asignó un punto a cada respuesta correcta y cero puntos a las respuestas incorrectas. La escala va de 0 a 6 (6 ítems) y el resultado promedio general fue de 4,1 (desviación estándar 1,3). Los resultados obtenidos se presentan en porcentajes (Tabla 1), atendiendo a si se trata de la respuesta correcta, intermedia u opuesta. Se considera respuesta opuesta cuando seleccionan la tendencia contraria; es decir, cuando eligen el mayor valor cuando corresponde el menor, o viceversa.

**TABLA 1.** Porcentajes de respuestas correspondientes a las opciones ordenadas (N=72).

Ítem	1	2	3	4	5	6
Opción correcta	73,6	80,6	87,5	75,0	56,9	38,9
Opción opuesta	15,3	8,3	8,3	12,5	34,7	54,2
Opción intermedia	11,1	11,1	2,8	9,7	8,3	6,9

Las mayores dificultades se hallaron al responder los ítems 5 y 6 que implican razonamientos de proporcionalidad inversa. Lo que indica que estas/os estudiantes mantienen dificultades en relacionar entre sí las variables del concepto densidad al asumir que a mayor volumen mayor densidad, por más que se mencione que la masa de las muestras es la misma. El hallazgo más relevante del análisis de los resultados del cuestionario fue el bajo número de respuestas correctas en el ítem 6, comparado con los otros, y especialmente comparado con el otro ítem de razonamiento inversamente proporcional, el ítem 5.

La justificación de este cuestionario, así como el detalle de los resultados y la discusión profunda de los mismos, se desarrolló en el artículo (Raviolo, et al., 2022).

### Entrevistas con protocolos de pensar en voz alta

El objeto de esta investigación es indagar en los razonamientos y representaciones sobre las cuales las y los estudiantes basaron sus respuestas en el cuestionario RCD. Para ello, las entrevistas de pensar en voz alta constituyen una herramienta idónea, dado son útiles para recolectar información acerca de los procesos cognitivos que una persona sigue durante la resolución de un problema (Herrington y Daubenmire, 2014).

Los protocolos pensando en voz alta son especialmente útiles para explorar los procesos de pensamiento de los individuos cuando la tarea ofrece un nivel efectivo de desafío cognitivo (Charters, 2003), como ocurre con el cuestionario empleado en esta investigación. Se trata de un método recomendado para quienes realizan investigaciones en educación en química (Bunce y Cole, 2014), que ha sido utilizado con otros temas químicos, por ejemplo, análisis volumétrico (Anamuah-Mensah, 1986 y Heyworth, 1999) y concentración molar (Raviolo, et al., 2021).

A la semana siguiente de resolver el cuestionario RCD, fueron entrevistados 12 estudiantes voluntarios, que participaron de la muestra inicial (72 estudiantes). El procedimiento seguido en las entrevistas consistió en entregar el cuestionario resuelto por ellos, sin modificación posterior, y preguntarles cómo habían resuelto cada uno de los 6 ítems siguiendo el orden del cuestionario. Estas entrevistas, que tuvieron una duración promedio de 11 minutos, fueron grabadas en audio y completamente transcritas. Al finalizar la entrevista, se les preguntó si recurrían a algún tipo de representación, si se imaginaban algo concreto distinto a cálculos en la resolución.

El análisis de las transcripciones de las entrevistas fue realizado en forma independiente por cada uno/a de los/as tres investigadores/as, cada uno/a identificó categorías que luego fueron comparadas y discutidas hasta arribar a categorías consensuadas finales. Finalmente se volvió a los datos para cuantificar la aparición de estas categorías y extraer ejemplos de párrafos que ilustren cada categoría.

## Resultados de las entrevistas

El resultado promedio que obtuvieron estos 12 estudiantes en el cuestionario fue de 4,3, levemente superior al promedio de la muestra total. A continuación, se categorizan los principales hallazgos encontrados en el análisis de las entrevistas, ejemplificando con algunas transcripciones textuales, e indicando entre paréntesis el número de estudiantes en los que aparece. Un mismo entrevistado/a puede expresar ideas incluidas en más de una categoría.

(a) Estudiantes que en una sola respuesta, es decir en un párrafo de la transcripción y sin intervención del entrevistador, responden correctamente el ítem estableciendo la relación entre las dos variables y explicitando que la tercera variable queda constante (4). Frecuentemente expresan la relación entre dos variables, sin mencionar la constancia de la tercera.

*“Mayor densidad... va a estar ocupando menor volumen si todas tienen la misma masa. Menor espacio, tendrá mayor densidad”. (A3, ítem 5)*

*“Siguiendo como la lógica de esto, me parece que está bien, porque si todas pesan lo mismo, la que es más chiquita, tiene mayor densidad”. (A12, ítem 6).*

(b) A pesar de que se solicitaba que el cuestionario se resolviera razonando, sin calculadora y sin hacer cuentas en la hoja, gran parte de las y los entrevistados (7 de 12) hicieron uso exclusivo de la ecuación de densidad, trasluciendo una resolución numérica o algrítmica de las situaciones.

*“Si densidad es masa sobre volumen, si divido 400 dividido 500 te da menos que uno, 500 dividido 500 me da uno, y 600 dividido 500 me da más de uno. Así lo había pensado”. (A7, ítem 4)*

*“Hice directamente con la fórmula sin estar fijándome bien en qué estaba”. (A3, ítem 1)*

*“Pero si tienen la misma densidad, al bajar uno, tenés que bajar el otro, para que la división se mantenga estable digamos”. (A12, ítem 2)*

(c) Varias respuestas traslucen la aplicación de la regla intuitiva de “a más A, más B”, o “a menos A, menos B” (7). En estos casos no hacen referencia a la variable que permanece constante. En los ítems 5 y 6, de razonamiento inversamente proporcional, esta regla intuitiva conduce a respuestas incorrectas.

*“Yo asumí la mayor, porque hablaba de mayor”. (A2, ítem 1)*

*“Por ser menos pesada, menos densa”. (A5, ítem 2)*

*“Algunas no las entendí y en esas me equivoqué, pero los otros pude razonar, menor densidad entonces era como que busca el menor resultado”. (A1, ítem 6)*

(d) Confusión o no diferenciación entre las tres magnitudes (7). No identifican claramente a cada una de las tres variables involucradas. (X: Entrevistador)

*“X: Decís que el que tiene más masa, tiene el mayor volumen. ¿Para vos qué es la densidad?*

*L: El peso”. (A6, ítem 1)*

*“X: ¿Mililitros qué es? ¿Masa, volumen o densidad?*

*G: Es densidad”. (A8, ítem 1)*



"X: ¿Qué sería la densidad?

L: *Lo que ocupa, no sé". (A10, ítem 3)*

(e) Un caso particular de lo anterior se presenta cuando no comprenden que la masa es igual al peso (en este contexto coloquial) y por lo tanto no saben qué es la masa. Por ello, al no tener claro qué es la densidad, pueden confundir densidad con masa.

"L: *Claro, pero todavía no entiendo bien qué es masa, entonces no puedo". (A6, ítem 1)*

"X: *¿Por qué una pesa más que la otra?*

L: *Por la masa te das cuenta, ¿no?". (A10, ítem 3)*

(f) Llama la atención que varios/as entrevistados/as (4) fundamentan empleando las unidades, sin mencionar las magnitudes con su nombre: masa, volumen y densidad.

"*Menor cantidad de gramos por mililitro. Todas tienen el mismo volumen, que son mL, pero los gramos son diferentes". (A8, ítem 4)*

"*g/mL sería calcular la densidad". (A1, ítem 3)*

(g) Algunos/as justifican que la densidad es la misma porque es la misma sustancia, sin establecer relaciones entre las variables (3).

"*Si es el mismo líquido, si es la misma sustancia...mmm...podría ser la misma densidad, si es el mismo líquido". (A2, ítem 1)*

(h) Si bien la definición más frecuente de densidad encontrada es el cociente de la masa sobre el volumen, nos interesan definiciones más conceptuales del tipo: "la densidad es la masa de un mililitro (o  $\text{cm}^3$ ) de una sustancia". Solo 2 entrevistados emitieron esas respuestas:

"*La de 1,1 gramos. Porque cada mL pesa 1,1 gramos". (A5, ítem 3)*

## Representaciones

Durante las entrevistas no se solicitó que realizaran dibujos. En el análisis de las mismas se prestó especial interés en detectar si las y los entrevistados recurrían a algún tipo de representación en sus respuestas, qué se imaginaban al responder el cuestionario, espontáneamente o ante la pregunta del entrevistador. Las categorías en que se clasificaron las representaciones fueron: (a) poner en, (b) agrupamiento, (c) concentración, (d) objetos y (e) percepción de pesado.

(a) Mencionan a masa, o gramos, puestos, metidos o dentro de un volumen, un cubo por ejemplo. A mayor cantidad de masa que entra mayor densidad (4).

"*Puse el menor, porque en 110 mL va a haber 100 gramos metidos, entonces habrá mayor densidad en el sentido de que hay más cantidad de gramos en el menor". (A2, ítem 5)*

"*Yo me imaginé como si yo pongo algo con un determinado peso o densidad en una cantidad menor de mL". (A5, ítem 1)*

"*Sería la cantidad de gramos dentro de los mililitros". (A8, ítem 4)*

(b) Se refieren al agrupamiento o compactación de la masa (1).

"*Qué tan agrupadas o que tan juntas están las cosas dentro de un espacio determinado". (A3, ítem 3)*

(c) Utilizan el término concentración (4).

*“Mientras más chico el recipiente más grande va a ser la concentración de masa en este caso”. (A9, ítem 6)*

*“El de 100 porque está más concentrado”. (A8, ítem 3)*

(d) Piensan en objetos, vasos, bolsas, etc. (4).

*“Bueno, acá lo hice también así, dije bueno 50 gramos, tengo 3 bulbitos de 50 gramos y tenía que ver cuál era el volumen menor”. (A10, ítem 6)*

*“Me imagino, como una bolsita... como una bolsa con agua”. (A12, ítem 6)*

(e) Se representan, o perciben, algo pesado para su tamaño (3).

*“La de 110 porque a menor cantidad es más pesada”. (A5, ítem 5)*

*“Dos masas iguales una de agua y una de mercurio... pesan lo mismo pero el mercurio es mucho más pesado que el agua”. (A9, ítem 6)*

## Discusión

Interesa particularmente discutir las respuestas que brindaron en las entrevistas a los ítems 5 y 6 del cuestionario, los dos ítems en los que ellos obtuvieron resultados más bajos y divergentes entre sí.

Para el ítem 5, de los 12 entrevistados/as 7 justificaron adecuadamente la respuesta correcta que eligieron en el cuestionario. Cuatro de ellos/as haciendo uso de la ecuación de densidad, operando el cociente: con igual numerador (masa) a menor denominador (volumen) mayor resultado (densidad). Los/as otros/as tres respondieron correctamente basándose en representaciones internas adecuadas de densidad, la asociaron al grado de compactación, a la concentración de masa, a gramos dentro de un volumen.

Para el ítem 6, de los 7 estudiantes que justificaron bien en la entrevista el ítem 5, 6 también lo hicieron en el ítem 6. Dos entrevistadas corrigieron las respuestas erróneas que habían elegido en el cuestionario, una a partir del uso de la fórmula y otra a partir de una representación adecuada (“gramos metidos en”). Uno de los entrevistados que justificó bien el ítem 5 empleando la ecuación, eligió la opción opuesta en el ítem 6 al no poder despejar adecuadamente de la ecuación y recurrió a un esquema “a menos A, menos B”, a menor densidad, menor volumen, a masa constante.

Todas las explicaciones incorrectas que explicitaron en las entrevistas recurrieron a los esquemas “a más A, más B” (5 para el ítem 5); y al esquema “a menos A, menos B” (6 para el ítem 6). Dos entrevistadas que habían seleccionado respuestas correctas en el cuestionario, una en el ítem 5 y otra en el ítem 6, cambiaron sus repuestas en la entrevista por las opuestas. En todos estos casos este razonamiento se debió a dificultades en la comprensión de las magnitudes involucradas y de sus relaciones.

En general, son escasas las respuestas que aluden a aspectos conceptuales de la densidad, como: (a) la definición pragmática “la densidad es la masa de un centímetro cúbico de una sustancia” (2 entrevistados), (b) la densidad es una propiedad específica de la sustancia, si es la misma sustancia tiene la misma densidad (3 entrevistados) y (c) la densidad es una propiedad intensiva, no depende de la cantidad de la muestra homogénea. Este último aspecto no fue mencionado por ningún/a entrevistado/a.



Una hipótesis que surgió de los resultados del cuestionario RCD es que las respuestas correctas a los dos primeros ítems podían deberse al hecho de que se refieren a la misma sustancia, y que las y los entrevistados se apoyarían en la afirmación de que *“a igual sustancia, igual densidad”*. Esta hipótesis mostró no ser significativa dado que solo una entrevistada expresó esta afirmación para el ítem 1.

El desconocimiento o la confusión que existe sobre las relaciones entre las variables involucradas lleva a que recurran a reglas intuitivas (Stavy y Tirosh, 1996) del tipo “a más A, más B”. Al respecto, un entrevistado hizo explícito que sus respuestas se basaron en una lógica o regla de sentido común: *“supuse que tenía la misma regla, mientras más chico (menor volumen) menor densidad”, “la que ocupa menor volumen, tendría sentido la menos densa”* (A7, ítems 4 y 6 respectivamente). Con la aplicación de esta regla no se menciona la variable que permanece constante, es decir se reduce el número de variables en juego a dos. Esta simplificación constituye un razonamiento heurístico frecuente, donde las personas al tomar decisiones tienden a reducir el número de factores que analizan, focalizando en alguna variable y descuidando otras (Talanquer, 2014).

La mayoría define a la densidad como un cociente, como una fórmula; sin embargo, utilizan esta fórmula con un formato único,  $d = m/V$ , y operan sobre este formato. Por ejemplo, para los ítem 5 y 6 ninguno optó por la expresión matemática  $m = d \cdot V$ , siendo la masa constante, a menor volumen, mayor densidad y viceversa.

Respecto a las representaciones, el cuestionario RCD no presenta imágenes y por lo tanto no impone un tipo de representación en los entrevistados. Al analizar las representaciones explicitadas en las entrevistas se aprecia que no surgieron espontáneamente explicaciones a nivel submicroscópico, no se refirieron a moléculas o átomos. Asociaron a la densidad con: (a) el grado de compactación, (b) la concentración de masa, (c) la idea de que a mayor masa que entra en un volumen dado mayor densidad y (d) la concepción derivada de la percepción de que algo denso es algo pesado para su tamaño.

Generalmente las experiencias formales que tienen las y los estudiantes con el concepto de densidad consisten en la utilización de la fórmula para resolver ejercicios. Por ello, no es sorprendente que gran parte justifique sus respuestas despejando de la fórmula. Con ello se vuelven dependientes de los números más que de razonamientos cualitativos, como los de proporcionalidad y control de variables. Muy pocos estudiantes explicitaron razonamientos del tipo “si todas las sustancias pesan lo mismo la de menor volumen tendrá mayor densidad”.

Esta falta de oportunidades para operar con el concepto, a partir de situaciones experimentales y conceptuales, hace que el estudiantado no defina bien cada una de las tres variables involucradas y las diferencie de las otras. Incluso hace que empleen las unidades en lugar de las magnitudes para justificar sus respuestas.

## Conclusiones

A través de las entrevistas se pudo profundizar en entender el grado de comprensión del concepto de densidad por parte de estudiantes de primer año de universidad y de las estrategias y representaciones que utilizan para operar con dicho concepto.

Si en la enseñanza se presenta a la densidad como una fórmula, y las actividades se orientan a su aplicación mecánica en ejercicios, se está subestimando las dificultades en

el aprendizaje del concepto y, sobre todo, su potencial en el desarrollo de razonamientos, representaciones y bases de una estructura conceptual. Los aspectos cualitativos del concepto no deben ser ignorados y deben ser abordados de una forma sistemática y planificada.

Al respecto, en el artículo Raviolo, et al (2022) hemos desarrollado sugerencias para la enseñanza conceptual de la densidad y profundizado en un enfoque curricular que pone el foco en cuatro objetivos de aprendizaje y enseñanza de la densidad: (I) identificar y diferenciar las variables involucradas en su definición ( $m$ ,  $V$  y  $d$ ); (II) reconocer la naturaleza de estas variables (extensivas:  $m$  y  $V$ ; intensivas:  $d$ ), (III) establecer las relaciones entre ellas (de proporcionalidad directa y de proporcionalidad inversa) y (IV) reconocer a la densidad como una propiedad específica (que permite diferenciar sustancias).

### Bibliografía

- Anamuah-Mensah, J. (1986). Cognitive strategies used by chemistry students to solve volumetric analysis problems. *Journal of Research in Science Teaching*, 23, 759-769 <https://doi.org/10.1002/tea.3660230902>
- Botero, H. (2010). Una revisión del concepto de densidad: la implicación de los conceptos estructurantes en el proceso de enseñanza-aprendizaje. *Revista Educación y Pensamiento*, 17, 23-32.
- Bunce, D. y Cole, R. (Eds.). (2014). *Tools of chemistry education research*. ACS Symposium Series; American Chemical Society.
- Charters, E. (2003). The use of think-aloud methods in qualitative research. An introduction to think-aloud methods. *Brock Education Journal*, 12(2), 68-82. <https://doi.org/10.26522/brocked.v12i2.38>
- Dawkins, K., Dickerson, D., McKinney, S. y Butler, S. (2008). Teaching density to middle school students: preservice science teachers' content knowledge and pedagogical practices. *The Clearing House: A Journal of Educational Strategies, Issues and Ideas*, 82(1), 21-26. <https://doi.org/10.3200/TCHS.82.1.21-26>
- Fassouloupoulos, G., Kariotoglou, P. y Koumaras, P. (2003). Consistent and inconsistent pupils' reasoning about intensive quantities: The case of density and pressure. *Research in Science Education*, 33(1), 71-87. <https://doi.org/10.1023/A:1023658419034>
- Harrell, P. y Subramaniam, K. (2014). Teachers need to be smarter than a 5<sup>th</sup> grader: What elementary pre-service teachers know about density. *Electronic Journal of Science Education*, 18(6), 1-23.
- Hashweh, M. (2016). The complexity of teaching density in middle school. *Research in Science & Technological Education*, 34(1), 1-24. <https://doi.org/10.1080/02635143.2015.1042854>
- Herrington, D. y Daubenmire, P. (2014). Using interviews in CER projects: options, considerations, and limitations. In D. Bunce y R. Cole. *Tools of Chemistry Education Research* (pp. 31-59), ACS Symposium Series, American Chemical Society: Washington, DC.

- Hewson, M. (1986). The acquisition of scientific knowledge: Analysis and representation of student conceptions concerning density. *Science Education*, 70(2), 159-170. <https://doi.org/10.1002/sce.3730700210>
- Heyworth, R. (1999). Procedural and conceptual knowledge of expert and novice students for the solving of a basic problem in chemistry. *International Journal of Science Education*, 21(2), 195-211. <https://doi.org/10.1080/095006999290787>
- Howe, C., Nunes, T. y Bryant, P. (2011). Rational number and proportional reasoning: using intensive quantities to promote achievement in mathematics and science. *International Journal of Science and Mathematics Education*, 9, 391-417. <https://doi.org/10.1007/s10763-010-9249-9>
- Martínez-Borreguero, G., Naranjo-Correa, F., Cañada, F., Gómez, D., y Martín, J. (2018). The influence of teaching methodologies in the assimilation of density concept in primary teacher trainees. *Heliyon*, 4(11), e00963. <http://doi.org/10.1016/j.heliyon.2018.e00963>
- Napal, M., Echeverría, J., Zulet, A., Santos, L. y Ibarra, J. (2018). Estrategias del alumnado de Educación Secundaria para estimar la densidad. *Enseñanza de las Ciencias*, 36(1), 61-78. <https://doi.org/10.5565/rev/ensciencias.2215>
- Raviolo, A., Carabelli, P. y Ekkert, T. (2022). Aprendizaje del concepto de densidad: la comprensión de las relaciones entre las variables. *Latin American Journal of Physics Education*, 16(2), 2310-1-9.
- Raviolo, A., Farré, A. y Traiman-Schroh, N. (2021). Students' understanding of molar concentration. *Chemistry Education: Research and Practice*, 22(2), 486-497. <https://doi.org/10.1039/D0RP00344A>
- Roach, L. (2001). Exploring students' conceptions of density. *Journal of College Science Teacher*, 30(6), 386.
- Smith, C., Carey, S., y Wiser, M. (1985). On differentiation: A case study of the development of the concepts of size, weight, and density. *Cognition*, 21, 177-237. [https://doi.org/10.1016/0010-0277\(85\)90025-3](https://doi.org/10.1016/0010-0277(85)90025-3)
- Stavy, R. y Tirosh, D. (1996). Intuitive rules in science and mathematics: the case of "more of A-more of B". *International Journal of Science Education*, 18(6), 653-667. <https://doi.org/10.1080/0261976960190203>
- Talanquer, V. (2014). Chemistry education: ten heuristics to tame. *Journal of Chemical Education*, 91, 1091-1097. <https://doi.org/10.1021/ed4008765>

## Anexo: Cuestionario Razonando con Densidad (RCD)

- 1) ¿Cuál de las siguientes muestras de una sustancia en estado líquido de densidad 1,2 g/mL tiene mayor masa?
- a. 300 mL
  - b. 500 mL
  - c. 100 mL
- 2) ¿Cuál de las siguientes muestras de una sustancia en estado líquido de densidad 1,1 g/mL ocupa un volumen menor?
- a. 10 gramos
  - b. 50 gramos
  - c. 25 gramos
- 3) ¿Cuál de las siguientes muestras de sustancias en estado líquido tiene mayor masa, si todas tienen un volumen de 800 mL?
- a. 0,9 g/mL
  - b. 1,0 g/mL
  - c. 1,1 g/mL
- 4) ¿Cuál de las siguientes muestras de sustancias en estado líquido tiene menor densidad, si todas tienen un volumen de 500 mL?
- a. 500 gramos
  - b. 400 gramos
  - c. 600 gramos
- 5) ¿Cuál de las siguientes muestras de sustancias en estado líquido tiene mayor densidad, si todas tienen una masa de 100 gramos?
- a. 110 mL
  - b. 120 mL
  - c. 130 mL
- 6) ¿Cuál de las siguientes muestras de sustancias en estado líquido ocupa un volumen menor, si todas tienen una masa de 50 gramos?
- a. 0,9 g/mL
  - b. 1,0 g/mL
  - c. 1,1 g/mL