

Ordenando ideas...

Sobre la composición de la materia Sobre la noción de vacío

María Dibarboure

Cuando se nos propone pensar en problemas de enseñanza en relación al aprendizaje de las Ciencias Naturales, son varias las ideas que nos surgen.

En principio, reconocer que hay dificultades que están implícitas, vinculadas directamente con las disciplinas involucradas. Otras, relacionadas con nuestra idea de aprendizaje y, finalmente, problemas vinculados con la enseñanza propiamente dicha. Todos afectan, y no aisladamente, en la enseñanza.

En los últimos tiempos nos ha preocupado muy especialmente cómo cuesta adecuar, en las situaciones de enseñanza, la concepción de ciencia que los docentes explicitan tener.

Cuando acompañamos a los docentes a realizar otras miradas a las situaciones que podríamos llamar clásicas, hemos visto la pertinencia en el análisis. Sin embargo, eso no ha sido suficiente para generar cambios en la medida de lo buscado.

Por tal razón nos parece más que pertinente este espacio para pensar y reflexionar sobre algunas de las dificultades mencionadas.

A los efectos de no repetir ideas que ya hemos expresado en otros artículos, en esta oportunidad nos detendremos a pensar sobre algunos desafíos que ocasiona el trabajo con el modelo corpuscular en el escenario escolar.

Pensamos que las ideas que expondremos aquí, contribuirán a entender mejor lo que relatan y analizan las colegas docentes en este mismo número de la revista, referidas a una experiencia concreta de aula.

Introducción

No es sencillo, aun para los adultos, comprender lo que supone 'la materia' para la Ciencia actual. Modelizar sobre ella implica concebir lo microscópico para explicar lo macroscópico: la materia, formada por entidades pequeñas que no podemos ver, que están en permanente movimiento y entre las cuales no hay nada. Este último supuesto nos remite a aceptar la idea de vacío en el interior de la materia.

Desde la percepción, la materia es o se nos presenta en forma continua, mientras que la física nos desafía la comprensión al enunciar la existencia de la nada. Resulta que no solo debemos imaginar la existencia de los corpúsculos, sino que, además, debemos imaginarnos espacios con ausencia de ellos.

Las investigaciones han mostrado que la instrucción puede hacer que se incorporen estas nociones que son fundamentales para el trabajo disciplinar, pero eso no quiere decir que internamente nuestra mirada sobre el mundo cambie.

En artículos anteriores nos hemos detenido en lo corpuscular de la materia y su adecuación en el escenario escolar. Hemos argumentado a favor, hemos dado razones que justifican una propuesta que lo incluya como contenido que favorece los procesos de abstracción.

En esta ocasión nos detendremos a reflexionar sobre la necesidad de introducir la noción de vacío que, como veremos, es la otra cara de la misma moneda.

La historia de la ciencia nos muestra que las dificultades de aceptación y conceptualización sobre el vacío llevaron mucho tiempo

de procesamiento. Grandes pensadores, como veremos, están detrás de esta idea. Esto nos ubica y nos permite tener referencias para la enseñanza.

Nuevamente, y sin dejar de reconocer los obstáculos y las resistencias que ocasiona la temática, la idea no es la conceptualización como un fin en sí mismo, sino como generador de espacios que permitan desarrollar, en el ámbito escolar, habilidades propias del pensamiento científico.

Horror vacui

¿Qué es el vacío?

¿Dónde está?



Hoy, para el mundo adulto, puede parecer que la idea de vacío sea una obviedad.

Sin embargo, como otras tantas representaciones, resulta que tenemos, en el decir de Astolfi, solamente *la etiqueta*. En todo caso nos hemos acostumbrado a su enunciación, especialmente en términos espaciales: *el universo es frío y oscuro, los astronautas requieren trajes especiales, el universo es mayoritariamente vacío*.

Aceptar que el espacio pueda estar vacío puede *hasta* ser natural. Sin embargo, cuando en la física más reciente se teoriza con el fenómeno de la emisión de partículas por parte del vacío, o se postula que la emisión de partículas de un agujero negro la realiza el espacio vacío circundante, entramos sin duda en el reino de la paradoja, en ese límite de la realidad. Que el vacío, que es por definición

ausencia de materia, emita materia, es por lo menos sorprendente (Ribas, 2000).

Este ejemplo muestra las dificultades que el concepto plantea para su comprensión.

En este caso estamos hablando de vacío en el espacio, en el universo... pero ¿y el que está en el interior de la materia? Ese trae otras dificultades.

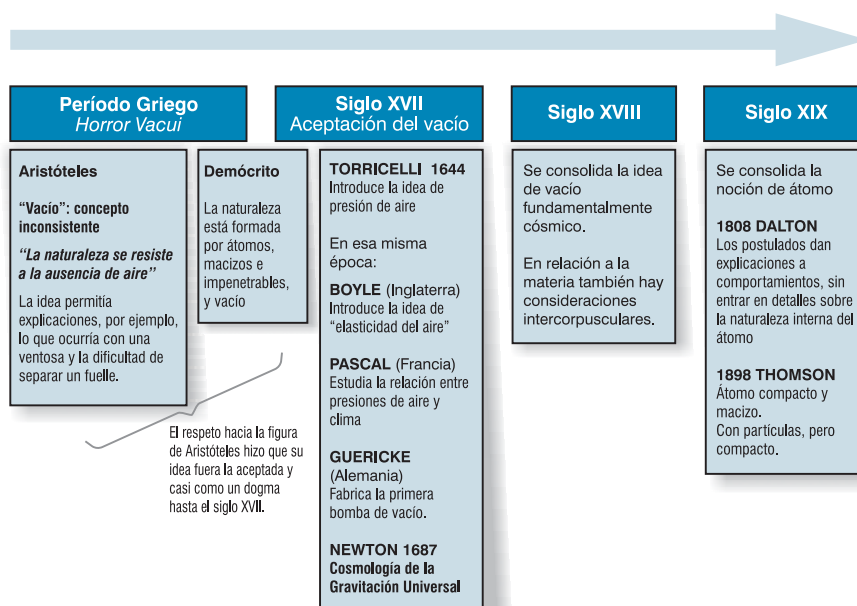
Podríamos pensarlo en términos macro y micro:

- ▶ Mirada Macro
 - Vacío en el universo
 - Vacío entre los grandes cuerpos
- ▶ Mirada Micro
 - Vacío entre corpúsculos
 - Vacío en el interior del corpúsculo

Lo que nos dice la historia

La historia de la ciencia da cuenta de que las dificultades que hoy vemos para comprender conceptualmente la noción de vacío físico, no son dificultades nuevas. De hecho, la moderna aceptación del vacío que puede situarse en forma concreta en el siglo XVII, tuvo que enfrentarse a una larga y muy sólida tradición contraria al vacío. *«El pensamiento tradicional no podía aceptarlo, entendiendo que sería un contrasentido dejar que lo que no es (el vacío) entrara en la consideración de las cosas existentes. O sea, que si la física es el estudio de lo existente, no cabe considerar aquello que propiamente no es, porque es la ausencia de las cosas»* (Ribas, 2000).

Analicemos momentos clave en la historia del vacío (ver cuadro).



Algunos comentarios

Período griego

- El período muestra lo que supone el respeto a una figura con importancia histórica en la aceptación de las ideas. (Esto se ve reiteradamente en la evolución del saber científico. Muchas veces, la controversia científica no está tanto en relación a las ideas como a las personas que las enuncian).

Tito Lucrecio Caro (94-51 a.c.) *De rerum natura*. Libro I.

...no todo está en todas partes ocupado por materia compacta; pues dentro de las cosas existe vacío. Es este un conocimiento que te será útil en muchos aspectos y no dejará que te pierdas en dudas... Existe un espacio impalpable, vacío. Que si no existiera, de ningún modo podrían moverse las cosas; pues la función de la propia materia, esto es chocar y ofrecer resistencia, actuaría a cada momento en todo objeto; ninguno podría, por tanto avanzar pues ninguno empezaría a ceder ante otro. Pero en realidad vemos, por mar y tierra y por las alturas del cielo, mil cuerpos moviéndose ante nuestros ojos, de muchas maneras en diversos sentidos; los cuales si no existiera el vacío, no solo estarían privados de esta moción incesante, sino que jamás hubieran podido ser engendrados, pues la materia apiñada en todos los puntos, estaría inmóvil...

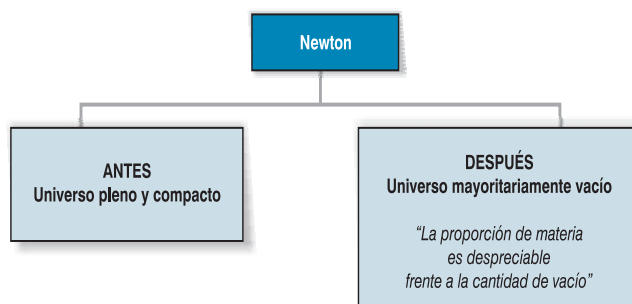
Textual de:
José Manuel Sánchez Ron (1999)

- Cuando seguimos la línea de tiempo con referencia a las ideas, vemos que en el mismo momento histórico en que aparece la noción de átomo (corpúsculo) se enuncia la existencia de vacío entre ellos. Históricamente fue más fácil admitir la idea de corpúsculo que la de vacío inter-corpuscular.

Aceptación moderna del vacío

- La apertura a la consideración del vacío como algo posible aparece desde la posibilidad de las excepciones. Es un período que se caracteriza por la actividad empírica.

- El cuadro muestra cómo se produce un *movimiento a nivel de las ideas*, aunque se está trabajando puntualmente sobre fenómenos diferentes. En la concepción teórica hay referencia a la misma idea que se va construyendo.
- Importa notar que ninguna de las ideas que sostienen dichos trabajos (presión/clima, elasticidad del aire y la propia construcción de la bomba de vacío) cobra trascendencia histórica por sí sola, sino por formar parte de un conjunto de experiencias.
- Nuevamente son actores clave los que imponen las nuevas ideas, en este caso Torricelli y Newton.
- Se puede decir que el *golpe de gracia* lo dan las teorizaciones de Newton, cuando establece que los movimientos planetarios son regulados por atracciones gravitacionales en *inmensos espacios cósmicos vacíos*. Para Newton, el vacío es componente del universo. Y si es así, concluiremos que fue necesario mirar el vacío cósmico para comprender el vacío microscópico. Pero atención, la aceptación de las ideas de Newton fue muy posterior a su enunciación. La física newtoniana se impone en el siglo XVIII.



Siglos XIX y XX

- En estos tiempos es marcada la preocupación por el interior de la materia.
- Se reconoce una cierta similitud entre el camino seguido respecto al cosmos, a los grandes cuerpos, con el camino recorrido para establecer las ideas sobre lo micro.
- Es así que la aceptación del vacío parece tener el siguiente recorrido:
 - Vacío en el cosmos
 - Vacío entre los corpúsculos
 - Vacío dentro del corpúsculo¹

¹ Así como alentamos el trabajo escolar en los dos aspectos anteriores, no creemos pertinente, en términos generales, el trabajo sobre este. En todo caso, adentrarnos al interior de lo corpuscular supone haber tenido la necesidad, a los efectos de encontrar explicaciones puntuales como, por ejemplo, el fenómeno eléctrico. No creemos en la descriptiva del interior corpuscular por el simple hecho de enunciarlo.

El modelo corpuscular, el vacío y el escenario escolar

El que la materia se presente como corpúsculos y vacío no es el problema. El problema es que se «*les presenta a los alumnos muchas veces como un hecho sin discusión*»².

El lector se preguntará... todo este preámbulo, ¿para qué?

En principio, para tener presente en forma argumentada

- ▶ que el trabajo con el modelo corpuscular en la escuela no es sencillo;
- ▶ que históricamente esta noción se construyó junto con otra, igualmente difícil, que fue la de vacío;
- ▶ que puede ser una buena línea de trabajo, *la analogía entre el vacío interplanetario y el vacío intercorpuscular*. Este último punto nos parece de especial interés cuando pensamos en la enseñanza.

Un ejemplo

¿Cómo explicamos el hecho de que si agregamos un volumen determinado de alcohol a un volumen determinado de agua, el volumen resultante no es la suma de los volúmenes?

La respuesta más corriente supone atribuirle al aire una participación mayor de la que tiene. Es necesario admitir que hay espacios huecos, vacíos.

Podríamos decir que el agua está *agujereada*.

Son estos espacios los que son ocupados por las sustancias que el agua solubiliza.

Y no es sencillo admitir “que el agua tenga agujeros”, porque el agua se nos presenta perceptivamente como algo “compacto”. Siguiendo con esta idea podemos entender que el agua no disuelva todas las sustancias así como el hecho de que aquellas sustancias que el agua logra disolver no lo hacen en forma ilimitada.

Los corpúsculos de agua “*no se llevan bien con cualquier tipo de corpúsculo*”³, esto quiere decir que el hecho de que tenga agujeros no supone que los mismos puedan ser ocupados por cualquier tipo de sustancias.

Por otra parte, cada volumen de agua tiene una cantidad “finita” de huecos, lo que hace que su capacidad para disolver no sea infinita.

Modelo corpuscular...

- ▶ Todo lo que nos rodea está formado por corpúsculos.
- ▶ Estos corpúsculos:
 - están en permanente movimiento,
 - chocan entre sí,
 - pueden presentar disposiciones espaciales diferentes,
 - tienen la tendencia natural a desordenarse.

Recordamos que no creemos que el trabajo con el modelo corpuscular en el aula escolar tenga un fin en sí mismo. Importa en la medida que posibilita abordar lo que es un modelo científico para la ciencia. Mostrar a los niños cómo un modelo es algo que imaginamos, que se define y que permite dar explicaciones y predicciones.

El modelo no es algo en que los niños tengan que creer porque sí. El modelo gana credibilidad ante ellos en la medida en que, ante diversas situaciones, puede ser el marco explicativo para las mismas.

Y es ese ejercicio, el de poner a prueba el modelo, así, *en una versión primitiva*, lo que entendemos que puede ser importante en el desarrollo cognitivo de los niños, porque supone verdaderos desafíos a la comprensión y un estímulo para la abstracción.

Otra situación

Cuando se nos dice que el agua en estado sólido ocupa un espacio mayor que la misma cantidad de agua en estado líquido... ¿cómo podemos explicarlo?

Los corpúsculos de agua en estado sólido exigen un orden que geométricamente supone mayor espacio. Dicho de otro modo, hay más espacio vacío en el orden corpuscular del estado sólido que en el orden corpuscular del estado líquido.

² J. I. Pozo; M. A. Gómez Crespo (1998).

³ Esta expresión hace referencia a la naturaleza corpuscular.

Lo que la experiencia nos dice al trabajar con los niños

La experiencia a este respecto en el trabajo con los niños nos muestra algunas cuestiones que entendemos son especialmente útiles al planificar la enseñanza.

El primer aspecto a señalar es el referente a la expresión -común en los niños- “*aquí no hay nada*” o “*esto está vacío*”. Detrás de estas expresiones está la existencia del aire, curiosamente el mismo aire que muchas veces creemos que los niños no reconocen. Este aspecto es interesante de pensar porque da cuenta del peso que tiene la percepción en la conceptualización de la materia.

Los niños aceptan que vacío, en realidad, es cuando hay solo aire, el cual cuestionan como cuerpo.

El segundo punto a señalar es la variedad de investigaciones (R. Driver; E. Guesne; A. Tiberghien [1992]) que muestran, y nuestra experiencia confirma, cómo los niños transfieren lo que ven en los cuerpos macroscópicos a los corpúsculos, negando de ese modo la posibilidad de que el vacío protagonice alguna situación. Si, por ejemplo, el gas se expande (un globo o una pelota aumentan su volumen) ellos atribuyen ese incremento a un

aumento de tamaño corpuscular y no a que el movimiento de los corpúsculos hace que los mismos choquen sobre las paredes del recipiente que los contiene, provocando la elongación de dicho material. Esto hace que aumente el vacío en el interior de esos objetos.

Pozo y Gómez Crespo (1998) nos plantean que al alumno se le propone «*abandonar los indicios perceptivos como fuente de representaciones con respecto a la estructura de la materia*», y al mismo tiempo no se le ofrece un “modelo alternativo”. «*Las imágenes que los alumnos perciben del mundo no son suficientes para comprender la estructura de la materia, y la enseñanza no logra proporcionarles sistemas de representación alternativos para comprender su naturaleza.*» Es así que andamos por el mundo con teorías que coexisten y en algunos casos compiten.

Nuestra sugerencia, en esta oportunidad, es considerar trabajar analógicamente con lo que ocurre con el universo, con las precauciones que se deben tener cada vez que se trabaja con analogías. Esto supone no solo trabajar y señalar las relaciones de correspondencia (donde la analogía tiene éxito), sino establecer también aquellos aspectos en donde la analogía *falla*. 

Referencias bibliográficas

- DRIVER, Rosalind; GUESNE, Edith; TIBERGHIEEN, Andrée (1992): *Ideas científicas en la infancia y la adolescencia*. Madrid: Ed. Morata.
- GÓMEZ CRESPO, Miguel Ángel; POZO, Juan Ignacio (2000): “Las teorías sobre la estructura de la materia: discontinuidad y vacío” en *Tarbiya. Revista de Investigación e Innovación Educativa* N° 26 (setiembre-diciembre). Madrid: Instituto de Ciencias de la Educación (ICE)/UAM. En línea: <http://www.uam.es/servicios/apoyodocencia/ice/iuceweb/publicaciones/tarbiya/1epoca/26.htm>
- MAGNANI, Esteban: “Historias del vacío”. En línea: www.sectorfisica.cl/HistoriaVacio.html
- ODENWALD, Sten: “La naturaleza del Vacío en física”. En línea: www.educarchile.cl/autoaprendizaje/cosmologia/modulo3/clase5/textos/frontera.html
- PAPP, Desiderio (1996): *Historia de las ciencias*. Santiago de Chile: Ed. Andrés Bello.
- POZO, Juan Ignacio; GÓMEZ CRESPO Miguel Ángel (1998): *Aprender y enseñar ciencia. Del conocimiento cotidiano al conocimiento científico*. Madrid: Ed. Morata.
- RIBAS, Albert (1999): “En los límites de la realidad: el vacío” en *Mundo Científico - La Recherche*, núm. 202 (junio).
- SÁNCHEZ RON, José Manuel (1999): “Átomo y vacío: Lucrecio” en J. M. Sánchez Ron: *Como al león por sus garras*. Barcelona: Debate Editorial.