

# Enseñar lo macro desde lo micro

## Indagar, intervenir, avanzar

Equipo de Investigación en Enseñanza de las Ciencias Naturales, Revista **QUEHACER EDUCATIVO**

**María Dibarboure** | Doctoranda en Psicología. Magíster en Psicología Cognitiva y Aprendizaje (UAMadrid).  
Especialista en Didáctica de las Ciencias. Especialista en Constructivismo y Educación (FLACSO).

En el año 2015, el Equipo de Investigación en Enseñanza de las Ciencias Naturales, bajo la tutoría de la Doctoranda María Dibarboure, se propuso reflexionar sobre la Química y su enseñanza para luego seleccionar un aspecto relevante a investigar.

El proceso comienza con la lectura de artículos de distintos autores<sup>1</sup> a los efectos de definir el marco de la Química como disciplina. ¿Qué se pregunta? ¿Qué estudia? ¿Cuál es la metodología que utiliza para producir su conocimiento? ¿Cuál es su territorio epistemológico? ¿Qué ha pasado con el tiempo, mantiene sus interrogantes? ¿Promueve otras?

La Química se ocupa de la materia en su generalidad –materiales, sustancias, elementos y compuestos, tanto naturales como sintéticos– sus interacciones y transformaciones. Hace una mirada macro a las propiedades, identifica y estudia comportamiento. También propone “modelos de” para una mirada micro que permita, en principio, explicar las propiedades macroscópicas. Se trata de una disciplina que se define experimental. Busca evidencias que posibilitan la construcción de ideas, modelos, teorías.

Al analizar el programa de Química (Dibarboure, 2011) se ve que la mirada interna a la materia se propone explícitamente en quinto y en sexto grado. Implícitamente se quita desde el programa la búsqueda de explicaciones, característica que está en su propia naturaleza.

*«Uno podría argumentar que los contenidos clásicos de las clases de ciencia traen empaquetados dentro de sí la sabiduría y los modos de pensamientos propios de la mente científica. Pero esto no es así y hasta hay evidencia de que en realidad es precisamente a la inversa: para poder comprender a fondo los contenidos clásicos es necesario desarrollar ciertas herramientas básicas del pensamiento científico. Sin esas capacidades cognitivas, buena parte del conocimiento científico básico resulta una caricaturización burda. En otras palabras: el docente de ciencias debe ser deliberado en la formación de las capacidades de pensamiento de sus estudiantes, el mero estudio de los temas clásicos no tiene necesariamente por qué desarrollar las actitudes o el espíritu que buscamos.» (Gellon, 2008)*

<sup>1</sup> Información detallada en “Referencias bibliográficas” al final de este trabajo.

El grupo selecciona el modelo corpuscular como contenido de enseñanza y se pregunta: ¿qué modelo corpuscular de la materia enseñar?, ¿qué criterios usar para los diferentes niveles?, ¿el mismo en toda la escolaridad?, ¿por qué razones?

Tratar de responder estos interrogantes lleva a leer el proceso de creación del modelo cinético-molecular de la materia y los obstáculos que se fueron superando; su desarrollo en el campo disciplinar de la Física y de la Química; a reflexionar sobre la concepción de modelo científico y de modelo científico escolar; a diferenciar ambos procesos de modelaje.

Se buscan antecedentes de la enseñanza del modelo en Educación Inicial y Primaria. Se encuentra bibliografía sobre las concepciones previas de los niños acerca de la materia, pero poco sobre su enseñanza en el nivel, excepto las reflexiones didácticas y la propuesta de actividades de Dibarboure (2007, 2009 y 2011). Todas las referencias, incluso curriculares, corresponden a niveles superiores de escolaridad.

¿Se tenían razones para adelantar su enseñanza? Según Benarroch (2000c:151), tres son los motivos que justifican su inclusión:

- a. La potencialidad de la teoría para resolver cuestiones físicas de la vida cotidiana. Ayudar al alumno a comprender el mundo que lo rodea, la materia, sus propiedades y estados, sus cambios...
- b. Considerarlo como introducción al mundo conceptual de La Química y a la comprensión de la naturaleza química de la materia.
- c. Promover con él la iniciación al trabajo científico en el ámbito de los modelos y en general de la naturaleza del conocimiento científico. En este último caso, el objetivo no es trabajar con el modelo en sí, sino con la posibilidad que el modelo brinda de desarrollar la capacidad de “invención” para construir intelectualmente respuestas que den cuenta de la evidencia.

*«No es muy importante (...) qué modelo corpuscular han de aprender los niños. Es más importante someterlos a la incertidumbre y las tentativas que son características de estos modelos; esto es, cómo se puede trabajar con ideas sin estar seguros de si son o no correctas. El trabajo con modelos no es sólo un reto intelectual sino también emocional.» (De Vos, 1990 apud Benarroch, 2000c:156).*

El planteo que el equipo se propone, ¿es pragmático, disciplinar o también psicológico y epistemológico? El equipo viene trabajando desde hace años con la convicción sobre la importancia de desarrollar, desde el comienzo de la escolaridad, una actitud de modelización por razones epistemológicas, pero también por los desarrollos cognitivos que los modelos pueden promover.

## El trabajo propuesto de indagación e intervención

### Algunos antecedentes

Existen diversos estudios con alumnos de diferentes niveles educativos, que describen las concepciones alternativas vinculadas a la temática. En ellos se muestra la fuerte influencia que tiene la apariencia directa de la realidad sobre los estudiantes. Los alumnos consideran la materia continua, estática y sin espacios vacíos. Aun luego de procesos de enseñanza se ha observado que los estudiantes pueden admitir la idea de corpúsculo, sin que ello suponga la comprensión de la discontinuidad.

Estas representaciones que los estudiantes tienen respecto a la materia han sido categorizadas (Benarroch, 2001) mostrando los avances de una concepción de materia continua, pasando por una concepción discreta para llegar a la discontinua.

| NIVEL                                                                                                           | MODELO DE MATERIA                                                                                                                          | TIPO DE EXPLICACIÓN                                                                                                                     |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>I</b><br><b>Continuidad.</b><br><b>Sin explicación</b>                                                       | La materia se percibe continua y estática, salvo que macroscópicamente se observe lo contrario.                                            | No hay explicación, sólo descripción macroscópica.                                                                                      |
| <b>II</b><br><b>Continuidad.</b><br><b>Explicaciones pseudomacroscópicas</b>                                    | La materia se percibe:<br>- continua, embutida de partículas<br>- continua con huecos.<br>La opción elegida está regida por la percepción. | Se trasladan elementos percibidos (burbujas, pompitas, huecos, etc.) a explicaciones pseudomicroscópicas.                               |
| <b>III</b><br><b>Discontinuidad.</b><br><b>Explicaciones microscópicas fundamentadas en partículas y huecos</b> | La materia está formada por partículas y huecos entre las mismas. No hay necesidad de vacío entre las partículas.                          | Explicaciones microscópicas fundamentadas en:<br>- partículas<br>- huecos etéreos a los que se trasladan las propiedades macroscópicas. |
| <b>IV</b><br><b>Discontinuidad.</b><br><b>Explicaciones macroscópicas fundamentadas en partículas y vacío</b>   | La materia está formada por partículas y vacío necesario entre las mismas.                                                                 | Explicaciones microscópicas fundamentadas en las disposiciones de partículas (más separadas o menos).                                   |
| <b>V</b><br><b>Discontinuidad.</b><br><b>Explicaciones microscópicas académicas</b>                             | El movimiento se hace necesario y hay una coordinación causal con el vacío.                                                                | Explicaciones microscópicas académicas o cuasiacadémicas.                                                                               |

**Tabla 1** – Descripción de los niveles de esquemas explicativos de los alumnos sobre la corpuscularidad de la materia (Benarroch, 2001:127)

### El marco teórico

El *modelo corpuscular de la materia* (MCM) es un «concepto estructurante», en el decir de Gagliardi (1986), ya que lo es desde dos perspectivas: a) estructura la Química como disciplina, y b) estructura el sistema cognitivo del sujeto al permitir la reestructuración de conocimientos y la adquisición de nuevos.

Para la ciencia, este modelo es complejo, con formato matemático y con especificaciones según el contexto de uso. Sin embargo, en el marco de la ciencia escolar se lo considera una entidad autónoma con características distintivas y facilitadoras del acercamiento a las representaciones más complejas de la ciencia.

De este modo, el MCM adopta una versión escolar en el escenario educativo, el *modelo corpuscular de la materia escolar* (MCME): **la materia se compone de entidades invisibles, en permanente movimiento y rodeadas de vacío.**

### Nuestro propósito

El análisis teórico permite tener claro que la propuesta pone foco en que los niños puedan comprender lo que dice el modelo, y con él poder interpretar de una manera diferente ciertos fenómenos cercanos que lo involucran; y al mismo tiempo, comprender lo que es un modelo para la ciencia.

Se debe discutir primero sobre los propósitos para luego tomar decisiones respecto a la enseñanza: establecer un diseño de secuencia y propuestas de intervención.



## Objetivo general

- ▶ *Analizar los posibles cambios en las ideas de escolares respecto a la composición de la materia y su relación con la implementación de una secuencia de enseñanza.*

## Objetivos específicos

- ▶ *Identificar las ideas (concepciones) implícitas de los escolares sobre la materia.*
- ▶ *Establecer posibles cambios de esas concepciones luego de la implementación de estrategias de enseñanza específicas.*
- ▶ *Analizar la relación entre las estrategias docentes utilizadas y sus repercusiones en las concepciones de los escolares.*

## El contenido a enseñar

Una vez acordados los atributos del MCME se discuten algunos aspectos: ¿se aplicaría del mismo modo en toda la escolaridad?, ¿habría priorizaciones?, ¿selecciones? Se decide tomar algunas ideas de otras experiencias y darles un encare propio acorde con las características del equipo docente y de los alumnos. Se prevén intervenciones.

- ▶ En el nivel inicial, la materia sería imaginada como formada por pelotitas que están más juntas o más separadas, y que pueden a veces separarse o juntarse. Esta idea permite mirar de otra manera los contenidos del nivel: estados de agregación y sus cambios.
- ▶ En el primer nivel, además de esas pelotitas o corpúsculos, la materia tendría agujeros. La idea de agujeros o huecos permitiría comprender las mezclas homogéneas y superar las dificultades perceptivas que generan.
- ▶ A partir del segundo nivel, los agujeros serían sustituidos por el vacío y los corpúsculos adquirirían movimiento.

Esta adecuación del modelo a los niveles era tentativa; luego de las actividades de indagación, cada docente resolvería qué notas incorporar para favorecer el proceso de modelaje y el momento de la secuencia en que lo incorporaría.

## Diseño de la secuencia base

Se planifica una secuencia básica para todos los grados.

- ▶ Indagación, con consignas muy similares, de las ideas de los alumnos puestas de manifiesto al explicar situaciones cotidianas de cambios de estado y mezclas.
- ▶ Confrontación de esas ideas para elaborar *modelos transitorios*.
- ▶ Puesta en uso de su poder explicativo en otras situaciones.
- ▶ Introducción del MCME.
- ▶ Indagación del nivel de comprensión, aplicándolo a nuevas situaciones.
- ▶ Valoración de posibles avances conceptuales sobre la discontinuidad de la materia en una situación diseñada específicamente.

La información obtenida en las indagatorias iniciales y finales referidas a las ideas de los alumnos sobre el MCM sería categorizada en los cinco niveles previstos por Benarroch (2001).

## La indagación inicial

Se les plantean tres situaciones cotidianas.

- ¿Qué te parece que le pasa a un cubo de hielo cuando lo sacamos de la heladera?
- ¿Qué te parece que le pasa a una cucharada de sal cuando se coloca en una taza de agua?
- ¿Qué te parece que pasa cuando en un mismo recipiente ponemos una porción de agua y otra porción de aceite?

En Nivel Inicial y primer grado se pregunta oralmente, se registra la respuesta y luego se les pide que dibujen la situación inicial y la final. En los otros grados se hace la propuesta por escrito. Al realizar la actividad, algunos docentes piensan que debe explicitarse el pedido de explicación y agregan la pregunta: “¿por qué crees que pasa eso?”; otros cambian la redacción de la consigna por: “*explica qué pasa si...*”

|                        | Categoría 1 | Categoría 2 |
|------------------------|-------------|-------------|
| Nivel Inicial          | 100%        | ---         |
| Primer y segundo grado | 100%        | ---         |
| Tercer grado           | 98%         | 2%          |
| Sexto grado            | 91%         | 9%          |
| Escuela rural          | 100%        | ---         |

**Tabla 2** – Actividad de indagación inicial, considerando las tres situaciones presentadas.

### Resultados

En el 100% de los registros se representa la materia como continua.

- ▶ Aparecen algunos dibujos de corpúsculos, pero nada indica transición a discontinuidad.
- ▶ Son más frecuentes en la experiencia de la sal en agua; pero como no se repreguntó, puede suponerse que representan los granos de sal, ya que no hay representaciones diferentes para los corpúsculos del agua y para los de la sal.
- ▶ En la situación del aceite aparecen pequeños círculos, pero tienen fondo de color (círculos en el aceite y en el agua, con fondo amarillo y celeste respectivamente). Tampoco hubo preguntas al respecto: *¿entre los corpúsculos hay aceite?, ¿agua?*

Interesó analizar la distribución de respuestas descriptivas y explicativas en las tres situaciones en sexto grado.

|                                                      |            | HIELO | SAL | ACEITE |     |
|------------------------------------------------------|------------|-------|-----|--------|-----|
| Descripción a nivel macro exclusivamente             | correcta   | 93    | 95  | 80     | 51% |
|                                                      | incorrecta | ---   | --- | 19     |     |
| Establece posible causa a nivel macro exclusivamente | correcta   | 27    | --- | ---    | 15% |
|                                                      | incompleta | 14    | 5   | ---    |     |
|                                                      | incorrecta | 2     | 12  | 24     |     |
| No establece causa                                   |            | 55    | 67  | 71     | 34% |
| Total de alumnos                                     |            | 191   | 179 | 194    | 564 |

**Tabla 3** – Distribución de respuestas descriptivas y explicativas

### Planificación de la secuencia

Se analiza el doble problema: la esperada concepción continua de la materia y el predominio descriptivo frente al explicativo. Se considera que la secuencia debe tener un diseño recursivo e incorporar actividades sobre argumentación.

Se reflexiona sobre las dificultades vinculadas con las prácticas de aula habituales como, por ejemplo, pensar que basta con poner a los niños frente a las evidencias para que comprendan el fenómeno.

Se acuerda que las actividades debían promover, de una manera genuina, la *explicitación* de las ideas de los niños. Solamente desde allí se resuelve avanzar.

La construcción comprensiva y significativa de los modelos requiere de un proceso de complejidad creciente que exige enseñar a “imaginar” lo que no se ve, dando sentido a lo imaginado.

Son necesarias estrategias de enseñanza basadas en la utilización de modelos alternativos que les permitan a los niños manipular y contrastar, haciendo explícita la diferencia entre lo que pensaban y lo que las nuevas ideas les posibilitan pensar, fomentando así la distinción entre los diferentes niveles de explicación.

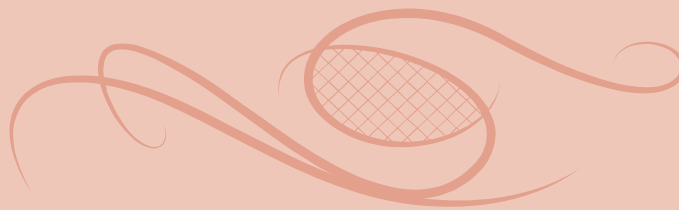
El equipo de investigación trabaja en subgrupos para planificar la secuencia de actividades de cada nivel. Las interrogantes recurrentes son:

- ▶ ¿En qué momento de la secuencia introducir el modelo corpuscular de la materia? ¿De qué forma presentarlo, si se tiene en cuenta que los modelos teóricos son, al mismo tiempo, modelos “a partir de” y modelos “para”; “partir de” sus ideas “para” representar análogamente la situación y darle sentido?
- ▶ ¿Cuál es el papel de la actividad experimental? ¿Problematizar, generar conflicto? Las actividades propuestas en las secuencias debían partir de problemas y volverían a ellos a medida que la construcción del MCME avanzase. Este proceso habilitaría a que los alumnos pudieran explicar, pensar e intervenir con otra mirada sobre determinados fenómenos de la vida cotidiana.





Algunos aspectos de las secuencias implementadas son presentados en los artículos siguientes. Luego de finalizada su lectura, esperamos que el lector concuerde con nosotros en que el trabajo realizado muestra no solo que es necesario, sino posible enseñar el modelo corpuscular o algún aspecto de él, y que para ello son sumamente importantes la narración como recurso y la imaginación como habilidad a desarrollar. 



## Referencias bibliográficas

- ASTUDILLO TOMATIS, Carola; RIVAROSA SOMAVILLA, Alicia; ORTIZ, Félix (2014): "Reflexión docente y diseño de secuencias didácticas en un contexto de formación de futuros profesores de ciencias naturales" en *Perspectiva Educacional. Formación de Profesores*, Vol. 53, N° 1, pp. 130-140. En línea: <http://www.perspectivaeducacional.cl/index.php/peducacional/article/viewFile/128/94>
- BENARROCH BENARROCH, Alicia (2000a): "Del modelo cinético-corpuscular a los modelos atómicos. Reflexiones didácticas" en *Alambique. Didáctica de las ciencias experimentales*, N° 23, pp. 95-108. En línea: [http://www.academia.edu/3368332/Del\\_modelo\\_cin%C3%A9tico-corpuscular\\_a\\_los\\_modelos\\_at%C3%B3micos\\_Reflexiones\\_did%C3%A1cticas](http://www.academia.edu/3368332/Del_modelo_cin%C3%A9tico-corpuscular_a_los_modelos_at%C3%B3micos_Reflexiones_did%C3%A1cticas)
- BENARROCH BENARROCH, Alicia (2000b): "El desarrollo cognoscitivo de los estudiantes en el área de la naturaleza corpuscular de la materia" en *Enseñanza de las Ciencias. Revista de investigación y experiencias didácticas*, Vol. 18, N° 2, pp. 235-246. En línea: <http://www.raco.cat/index.php/ensenanza/article/viewFile/21663/21497>
- BENARROCH BENARROCH, Alicia (2000c): "La teoría cinético-corpuscular de la materia y su justificación en el currículum obligatorio" en *Publicaciones*, 30. En línea: <http://digibug.ugr.es/bitstream/10481/30167/1/8.pdf>
- BENARROCH BENARROCH, Alicia (2001): "Una interpretación del desarrollo cognoscitivo de los alumnos en el área de la naturaleza corpuscular de la materia" en *Enseñanza de las Ciencias. Revista de investigación y experiencias didácticas*, Vol. 19, N° 1, pp. 123-134. En línea: <http://www.raco.cat/index.php/Ensenanza/article/view/21722/21556>
- CAAMAÑO, Aureli (2003): "La enseñanza y el aprendizaje de la química" en M. P. Jiménez Aleixandre (coord.): *Enseñar ciencias*. Barcelona: Ed. Graó.
- DIBARBOURE, María (2007): "Ordenando ideas... Sobre la composición de la materia. Sobre la noción de vacío" en *QUEHACER EDUCATIVO*, N° 86, Edición Especial: "Problemas al enseñar" (Diciembre), pp. 160-164. Montevideo: FUM-TEP.
- DIBARBOURE, María (2009): "Las Ciencias Naturales y el nuevo programa escolar... volver a empezar" en *QUEHACER EDUCATIVO*, N° 93, Edición Especial: "El maestro como constructor de currículo" (Febrero), pp. 183-188. Montevideo: FUM-TEP.
- DIBARBOURE, María (2011): "Pensando en los contenidos de QUÍMICA de la propuesta curricular... ¿Qué nos proponemos que los niños aprendan?" en *QUEHACER EDUCATIVO*, N° 107 (Junio), pp. 54.-63. Montevideo: FUM-TEP.
- GAGLIARDI, R. (1986): "Los conceptos estructurales en el aprendizaje por investigación" en *Enseñanza de las Ciencias. Revista de investigación y experiencias didácticas*, Vol. 4, N° 1, pp. 30-35. En línea: <http://www.raco.cat/index.php/Ensenanza/article/view/50857/92861>
- GALAGOVSKY, Lydia; ADÚRIZ-BRAVO, Agustín (2001): "Modelos y Analogías en la enseñanza de las Ciencias Naturales. El concepto de Modelo didáctico analógico" en *Enseñanza de las Ciencias. Revista de investigación y experiencias didácticas*, Vol. 19, N° 2, pp. 231-242. En línea: <http://www.raco.cat/index.php/Ensenanza/article/view/21735/21569>
- GELLON, Gabriel (2008): "Clase 12: Lo que la ciencia nos enseña sobre cómo enseñar ciencia". Curso: Enseñanza de las ciencias. FLACSO. En línea: <https://estudiomedionatural.wikispaces.com/file/view/Clase+12.doc>
- 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), pp. 117-139. En línea: <http://www.uam.es/servicios/apoyodocencia/ice/iuceweb/publicaciones/tarbiya/1epoca/26.pdf>
- GÓMEZ CRESPO, Miguel Ángel; POZO, Juan Ignacio; GUTIÉRREZ JULIÁN, María Sagrario (2004): "Enseñando a comprender la naturaleza de la materia: el diálogo entre la química y nuestros sentidos" en *Educación Química*, Vol. 15, N° 3, pp. 198-209. En línea: [educacionquimica.info/include/downloadfile.php?pdf=pdf789.PDF](http://educacionquimica.info/include/downloadfile.php?pdf=pdf789.PDF)
- IZQUIERDO, Mercè (2006): "La educación química frente a los retos del tercer milenio" en *Educación Química*, Vol. 17, N° Extra (Julio), pp. 286-299. En línea: [educacionquimica.info/include/downloadfile.php?pdf=pdf967.pdf](http://educacionquimica.info/include/downloadfile.php?pdf=pdf967.pdf)
- KIND, Vanessa (2004): *Más allá de las apariencias. Ideas previas de los estudiantes sobre conceptos básicos de química*. México: Aula XXI/Santillana/México. En línea: <http://evaluaciondocente.sep.gob.mx/materiales/KINDVANESSAMASALLADELASAPARIENCIAS.IDEASPREVIASDELOSESTUDIANTESOBRECONCEPTOSBASICOSDEQUIMICA.pdf>
- NUSSBAUM, Joseph (1989): "La constitución de la materia como conjunto de partículas en la fase gaseosa" (Cap. VII) en R. Driver; E. Guesne; A. Tiberghien: *Ideas científicas en la infancia y la adolescencia*, pp. 196-224. Madrid: MEC / Ed. Morata.
- POZO, Juan Ignacio (2006): *Adquisición de conocimiento*. Madrid: Ed. Morata.
- RODRÍGUEZ MONEO, María; APARICIO, Juan José (2004): "Los estudios sobre el cambio conceptual y la enseñanza de las ciencias" en *Educación Química*, Vol. 15, N° 3, pp. 270-280. En línea: [educacionquimica.info/include/downloadfile.php?pdf=pdf796.PDF](http://educacionquimica.info/include/downloadfile.php?pdf=pdf796.PDF)
- TALANQUER, Vicente (2009): "Química: ¿Quién eres, a dónde vas y cómo te alcanzamos?" (8ª Convención Nacional y 1ª Internacional de Profesores de Ciencias Naturales) en *Educación Química. Conferencias plenarias* (Junio), pp. 220-226. En línea: [educacionquimica.info/articulos.php?Id\\_articulo=1113](http://educacionquimica.info/articulos.php?Id_articulo=1113)