

Entre qué, cómo y por qué

Selección de recursos para intervenir

Ángela Escobar | Maestra de Educación Común. Cerro Largo.

Claudia González | Maestra de Educación Común. Diplomado Superior en Enseñanza de las Ciencias. Conocimiento científico en contexto social (FLACSO). Florida.

Pablo Meneses | Maestro de Educación Común. Montevideo.

Patricia Perazza | Maestra de Educación Común. Soriano.

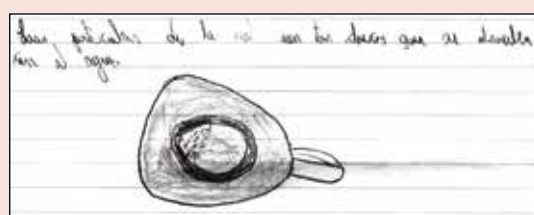
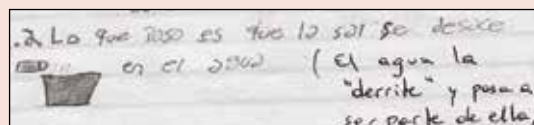
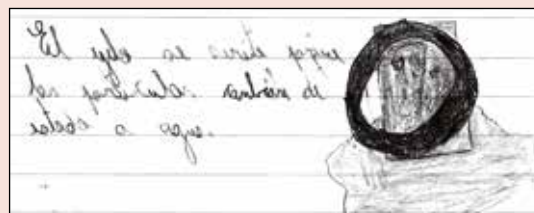
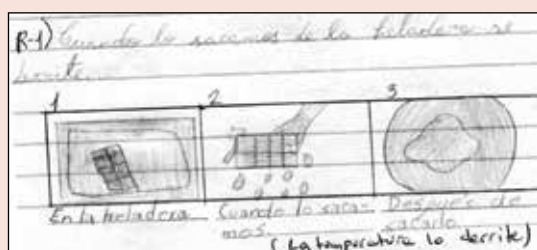
Cecilia Torres | Maestra de Educación Común. Diplomado Superior en Enseñanza de las Ciencias. Conocimiento científico en contexto social (FLACSO). Florida.

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

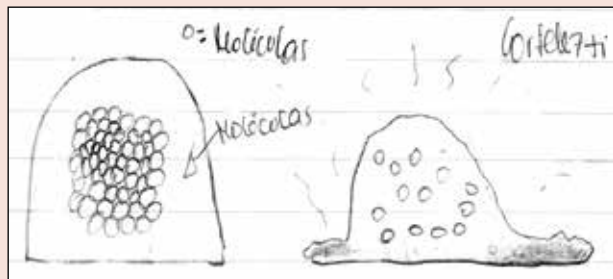
En este artículo presentamos parte del trabajo realizado para enseñar el modelo corpuscular escolar, en seis grupos de sexto grado de Canelones, Florida, Melo, Montevideo y Soriano.

Desde lo que pueden explicar

La mayoría de los alumnos de sexto grado denotan una concepción de materia continua en las actividades de indagación, y sus explicaciones se refieren a las propiedades observables, macroscópicas, pero no a las no observables, microscópicas. Así aparece el calor o el cambio de estado para explicar lo que le sucede a un cubo de hielo fuera de la heladera; desaparecer por ser muy chiquita, disolver o derretir para explicar lo que le pasa a la sal al ponerla en agua; no ser compatibles, término que no explican, para la situación de aceite en agua.



La excepción se dio en algunos alumnos que en quinto grado habían trabajado el modelo corpuscular.



"Corpúsculos" dibujados con vocabulario etiqueta: moléculas. Juntos en el sólido, separados en el líquido. Más corpúsculos en el sólido que en el líquido.

Maestra: -¿Qué fue lo que pudieron observar en el hielo?

Alumno: -Que el hielo como que tiene pelotitas adentro que no sé cómo es que se llaman y que cuando el hielo va pasando al otro estado esas pelotitas se transforman al estado líquido.

Maestra: -¿Y qué quiere decir que se van transformando?

Alumno: -Pasan de estado.

Alumno: -Desaparecen.

Maestra: -Las pelotitas desaparecen...

Alumno: -Por ejemplo, cuando lo sacamos y lo apretamos con la mano se va derritiendo más rápido que cuando lo dejamos que se derrita solo... por el calor de nuestro cuerpo.

Maestra: -Entonces ustedes dicen, a ver si entendí bien, que hay como pelotitas que forman el hielo, que al derretirse esas pelotitas se van.

Alumno: -Sí, se van.

Maestra: -¿Y dónde quedan?

Alumno: -En el líquido.

Alumno: -El hielo sigue ahí, nada más que se pasan...

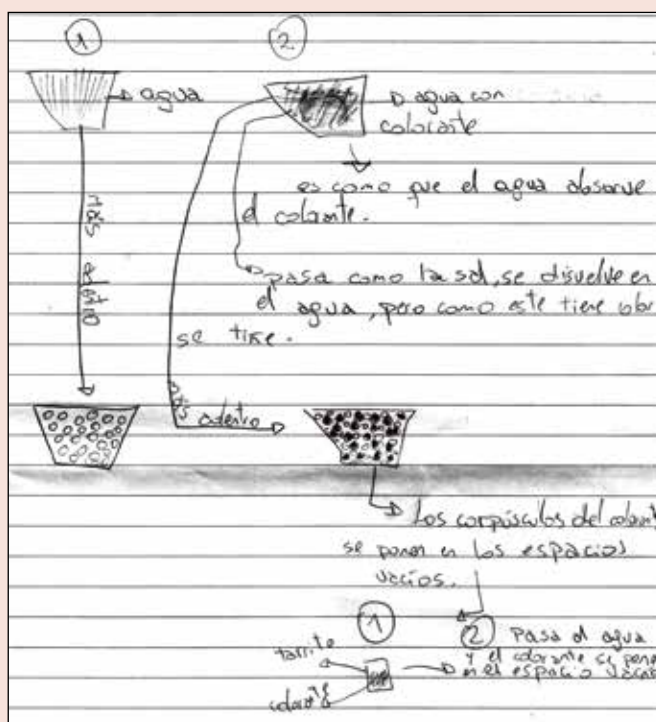
Alumno: -Que están más sueltas y menos.

Maestra: -¿Están más sueltas y menos?

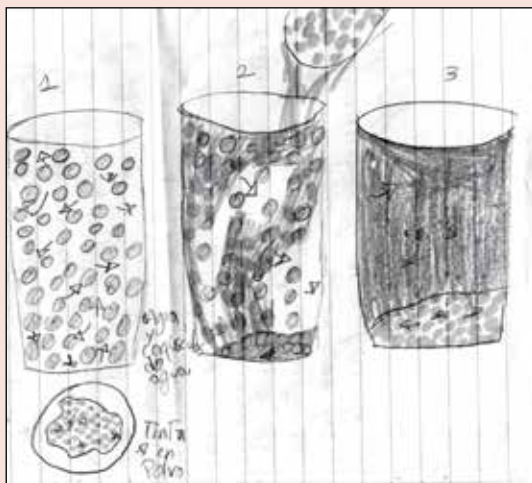
Alumno: -No, creo que están ahí y al estar más líquido como que se van separando más.

Grupo: -Sí, claro, eso.

Fragmento de transcripción de una actividad



Aparece el vacío, pero el agua absorbe y la tinta se disuelve.

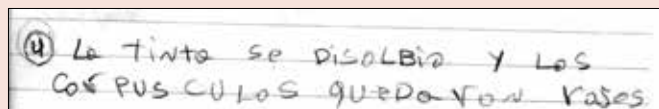


1= En el vaso se pueden observar los corpúsculos de agua, en estado líquido, y por otra parte se puede observar los corpúsculos de tinta en estado sólido.
2= En el vaso, siguen los corpúsculos de agua, pero además, están echando la tinta en polvo, y ambos tipos de corpúsculos, están mezclándose.
3= Como ambos tipos de corpúsculos son compatibles y además como se están moviendo continuamente, los corpúsculos de tinta se meten en los espacios vacíos de los corpúsculos de agua, teniendo de rojo el agua.

Los corpúsculos se mueven y hay vacío entre ellos, pero los corpúsculos tienen estados.



Hasta aquí hay avances, movimiento y vacío, pero...



Los corpúsculos se tiñen.

Esta situación inicial nos indicaba que pensar la materia desde lo que no se ve, no es tarea sencilla. Continuamente, los alumnos le están asignando propiedades y características macroscópicas.

Lo que teníamos a favor en todos los grupos es que habíamos introducido la “idea” de modelo al trabajar distintos contenidos del área, y los alumnos la usaban adecuadamente, o eso pensábamos.

Estábamos convencidos de que el proceso de aprendizaje debería consistir en la elaboración de una sucesión de modelos, desde los más intuitivos a modelos contruidos como producto de la interacción de la clase, y que lentamente se aproximarían al modelo científico escolar deseado; en el caso que nos ocupa, a la materia discreta. Por eso reflexionamos sobre las respuestas que teníamos, y pensamos posibles intervenciones que permitieran elaborar un primer modelo.

Repreguntar, no quedarnos con lo que dicen, buscar por qué piensan eso, qué les hizo pensar eso. Yo no veo pelotitas, ¿por qué ustedes dicen eso?, ¿lo vieron en algún lado?, etcétera.

Mostrarles los desacuerdos y hacerlos reflexionar: ¿desaparecen?, ¿cómo?

Llegar a acuerdos, aunque en principio tengan errores.

Apoyarnos en determinado momento en una respuesta que “sabemos que está bien”. A ver si nos sirve lo que él dijo: están ahí, pero en el líquido como que se van separando más. Si se separan, ¿se mueven? ¿Qué las hace mover?

Fragmento de registro del grupo de trabajo

Desde lo que pueden explicar a nuestra reflexión

Era el momento de tomar decisiones. Resulta clave determinar en qué lugar de la secuencia y con qué recursos se introduce el modelo. Por su nivel de abstracción, el aprendizaje del MCME requiere de variados recursos. Decidimos usar textos filosóficos y de divulgación científica para introducirlo; experimentos que problematizaran a los niños y los “obligaran” a usar alguno de sus aspectos y a modelizar otros; simulaciones para que experimentaran con el modelo en el plano de la representación.

Sabíamos qué queríamos enseñar y las dificultades implícitas a ese conocimiento. Teníamos claros los conocimientos que tenían nuestros alumnos, el acierto y las debilidades de sus concepciones. Intercambiamos ideas sobre qué y cómo intervenir. Consideramos que debíamos enfatizar algunas características del conocimiento científico como una construcción humana, provisoria, socio-histórica y modélica. Esto implicaba que entrásemos en la historia de la creación del modelo científico sobre la materia. Presentar el contexto de elaboración en distintas coyunturas históricas y propiciar que se imagine lo que imaginaron otros son aspectos ineludibles para comenzar a modificar la concepción continua de la materia. Pero como el MCME solamente considera algunos aspectos —la materia se compone de entidades invisibles, en movimiento y rodeadas de vacío— ya que pretende que los alumnos avancen hacia una concepción

de materia discreta y no discontinua, resolvimos abordar solamente sus comienzos, y en particular las ideas de Demócrito.

Las narraciones

Encontramos tres narraciones de carácter filosófico, histórico y de divulgación científica, que analizamos y comparamos por sus aportes potenciales a la idea de modelo y al aprendizaje del MCME.

→ La idea más minúscula

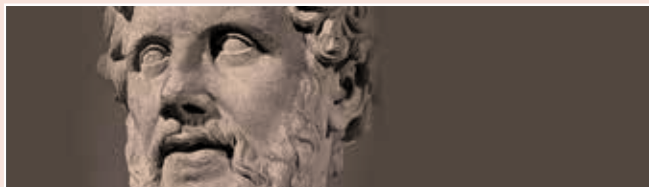
Demócrito (del que sus contemporáneos decían que siempre sonreía y que amaba viajar) quería encontrar una solución que a la vez pudiera explicar la multiplicidad y el cambio de las cosas que vemos, y la existencia de algo permanente debajo de ellas. Él creía que si cortábamos un material, y volvíamos a cortar, y cortábamos otra vez más, en algún momento llegaríamos a un punto en el que sería imposible seguir cortando (por más afilada que fuera nuestra herramienta). Les puso nombre a esas partecitas tan pequeñas que ya no podríamos dividir: las llamó “átomos” (que en griego quiere decir “que no tienen partes”, o sea, que no se pueden cortar o dividir). Demócrito creía que los átomos eran como granos de arena, pero muchísimo más pequeños, y que no era posible verlos. Lo único que existía para él eran estos átomos, que eran indestructibles, infinitos y se movían en un vacío también infinito. Los átomos tenían tres propiedades que explicaban las diferencias entre los objetos que podemos ver, tocar u oler: la forma, el orden y la posición. Las combinaciones de átomos, de formas diferentes, puestos en distinto orden o en distintas posiciones, permitían explicar las diferencias entre cosas tan distintas como la luz y el agua, o entre las piedras y el aire. Eran algo así como las letras del abecedario con las que podemos formar infinito número de palabras.

Las ideas de Demócrito sobre los átomos tuvieron seguidores (y por eso hoy las conocemos); pero durante mucho tiempo, esos seguidores fueron muy pocos. Sin embargo, esto empezó a cambiar a fines del siglo XVIII.

Adaptado de Couló y Adúriz-Bravo (2010)

Este texto no solo tenía un vocabulario accesible y una densidad conceptual media, sino que reunía varias ventajas desde el modelo a presentar: plantea el problema y la solución; explicita las tres características básicas del modelo, átomos invisibles, en movimiento y

rodeados de vacío; profundiza en las características que tenían los átomos para Demócrito, forma, orden y posición; usa dos analogías muy accesibles para facilitar la comprensión del tamaño y de la combinación que posibilita la multiplicidad.



→ El juguete más genial del mundo

Aquí estoy de nuevo Sofía. Hoy conocerás a Demócrito (aprox. 460-370 a. de C.), venía de la ciudad costera de Abdera, al norte del mar Egeo. Si has podido contestar a la pregunta sobre el lego, no te costará mucho esfuerzo entender el proyecto de este filósofo. Demócrito, al igual que otros filósofos de su época, estaba de acuerdo en que los cambios en la naturaleza no se debían a que las cosas realmente “cambiaran”. Suponía, por lo tanto, que todo tenía que estar construido por unas piececitas pequeñas e invisibles, cada una de ellas eterna e inalterable. A estas piezas más pequeñas Demócrito las llamó átomos.

La palabra “átomo” significa “indivisible”. Era importante para Demócrito poder afirmar que eso de lo que todo está hecho no podía dividirse en partes más pequeñas. Si hubiera sido así, no habrían podido servir de ladrillos de construcción.

Pensaba, además, que los átomos tenían que ser fijos y macizos, pero no podían ser idénticos entre sí. Existe un sinnúmero de diferentes átomos en la naturaleza, decía Demócrito. Algunos son redondos y lisos, otros son irregulares y torcidos. Precisamente por tener formas diferentes, podían usarse para componer diferentes cuerpos.

Cuando un cuerpo –por ejemplo un árbol o un animal– muere y se desintegra, los átomos se dispersan y pueden utilizarse de nuevo en otro cuerpo. Pues los átomos se mueven en el espacio, pero como tienen entrantes y salientes se acoplan para formar distintas cosas. ¿Ya has entendido lo que quise decir con las piezas del lego, verdad? Tienen más o menos las mismas cualidades que Demócrito atribuía a los átomos, y precisamente por ello, resultan tan buenas para construir. Ante todo son indivisibles. Tienen formas y tamaños diferentes, son macizas e impenetrables. Además, las piezas del lego tienen entrantes y salientes que hacen que las puedas unir para poder formar todas las figuras posibles. Estas conexiones pueden deshacerse para poder dar lugar a nuevos objetos con las mismas piezas. Lo bueno de las piezas del lego es precisamente que se pueden volver a usar una y otra vez. Hoy podemos más o menos afirmar que la teoría atómica de Demócrito era correcta. La naturaleza está, efectivamente, compuesta por diferentes átomos que se unen y que vuelven a separarse. Un átomo de hidrógeno que está asentado dentro de una célula en la punta de mi nariz, perteneció, en alguna ocasión, a la trompa de un elefante. Pero, en nuestros días, se sabe que los átomos pueden dividirse.

Adaptado de Gaarder (1994)

En esta narración, además de lo ya señalado en la anterior, encontramos la ubicación témporo-espacial y una analogía con el lego que permite reflexionar sobre la variedad existente en la realidad basada en esa multiplicidad de piezas inalterables y de formas diferentes. Tenía como dificultad que se refiere correctamente a filósofos y no a científicos, lo que requirió una intervención especial.

→ Cómo los científicos imaginan lo invisible

La primera mención de la idea de átomo y de la palabra misma se le atribuye a Demócrito (allá por el 300 a. C.), quien seguramente la tomó de su maestro Leucipo. La palabra significa “sin partes”. La idea no nació de la observación cuidadosa de la realidad, o de experimentos, sino que fue un pensamiento que permitió resolver un gran problema filosófico.

El problema tenía que ver con el cambio y la permanencia. Las cosas cambian, pero siempre hay ciertos aspectos que permanecen sin cambiar. ¿Cómo es posible que haya cambio y permanencia al mismo tiempo? Leucipo y Demócrito buscaron dar solución a este conflicto. Lo que se les ocurrió es brillante:

1. Todo el Universo está hecho de tan solo átomos y vacío.
2. Los átomos son partículas de materia increíblemente pequeñas, y por lo tanto invisibles.
3. Los átomos son indivisibles, indestructibles, eternos e incambiables.
4. Hay una inmensa cantidad de tipos de átomo distintos.
5. Los átomos pueden combinarse y desagregarse para formar todo lo que percibimos alrededor.

Como vemos, esto resuelve de alguna manera el conflicto planteado. Los átomos y el vacío son permanentes: es imposible destruir o crear o cambiar ningún tipo de átomo. Esto es lo que permanece. Lo que vemos cambiar es cómo se juntan, se reordenan y acomodan esos átomos.

Con el esquema propuesto se lograba “explicar” una serie de cosas. Por ejemplo en los sólidos, los átomos están agarrados unos a otros, quizás con fuertes ganchos, de manera que siempre permanecen juntos; en los líquidos, en cambio, los átomos no tienen ganchos, sino que son lisos y resbaladizos y se mueven unos contra otros como un barril lleno de bolitas de vidrio.

Adaptado de Gellon (2007:28-32)

Por último, este texto desarrolla claramente que se trata de ideas, el problema que tenían en esa época y cómo esas ideas lo resolvían. Pone en uso lo imaginado en situaciones bien conocidas por los niños.

Cada uno de nosotros, de acuerdo a las necesidades de su grupo, seleccionó las narraciones a utilizar; decidió si usaba una o más, el momento y el orden en que las trabajaría; también cómo organizaba la clase, qué consigna daba y cómo intervenía.

En uno de los sextos se organizó la clase en tres subgrupos y a cada uno se le proporcionó una de las narraciones.



¿Cómo presentar el trabajo, qué sentido darle a la lectura? En realidad teníamos que buscar información que nos permitiera explicar lo que pasaba en las situaciones en las que habíamos estado pensando. Entregué a cada grupo uno de los textos, diciéndoles que allí tenían información que nos iba a permitir comprender mejor por qué el hielo se derrite al aumentar la temperatura, o la sal parece desaparecer en el agua. Repasamos las estrategias de lectura a utilizar. Les pedí que elaborasen un esquema o un resumen de las ideas del texto y que subrayasen las que podían sernos útiles para comprender lo que había sucedido en las experiencias. Durante la puesta en común fui armando un esquema en el pizarrón con las ideas sobre la constitución de la materia que usaríamos. Acordamos la utilización del término “corpúsculo” para designar a los átomos.

Fragmento de registro docente

La narración “Ver lo grande. Pensar lo pequeño” (Tonin, 2007) en principio fue descartada porque abordaba casi exclusivamente la idea de vacío; sin embargo, en dos de los grupos fue utilizada resultando ser una valiosa analogía.



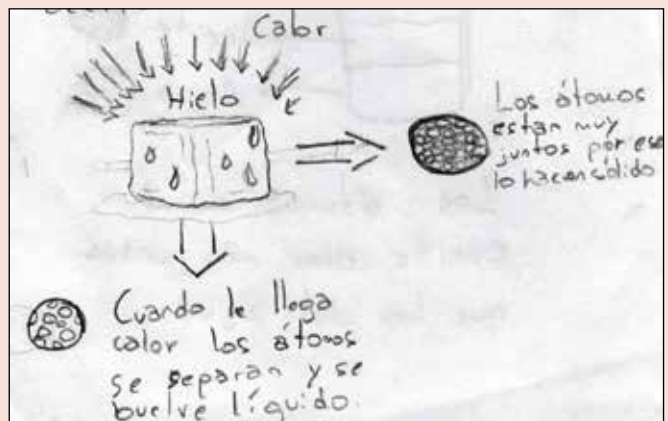
Las experiencias

Volvimos a las experiencias iniciales para aplicar el modelo que habíamos elaborado a partir de las lecturas. Unos agregaron sal, otros echaron tinta a cierto volumen de agua. Trabajamos anteponiendo los dos planos, el macroscópico y el microscópico (en realidad, submicroscópico) para poder avanzar a partir de allí. Buscamos la relación entre el aspecto macroscópico y la interpretación microscópica centrada en el movimiento de las partículas y la necesidad de un espacio vacío; diferenciamos constantemente los dos niveles de análisis. Así pudieron explicar que si no fuera por el movimiento de los

corpúsculos y el vacío que hay entre ellos, la tinta no “entraría” en el agua. También los hizo cuestionar: ¿Por qué no entra el aceite?, ¿sus corpúsculos son más grandes?

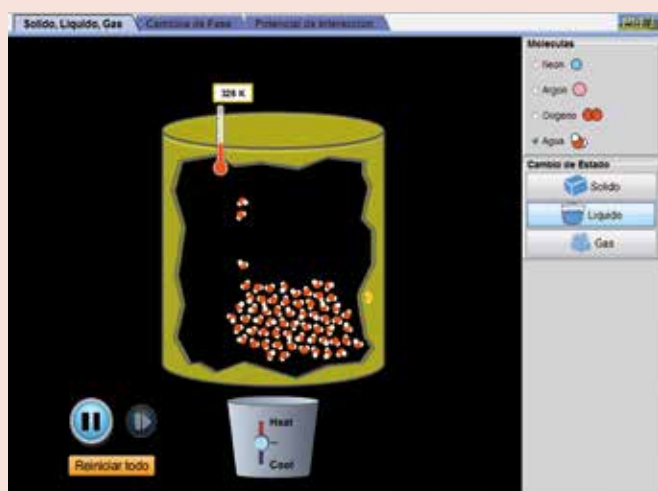
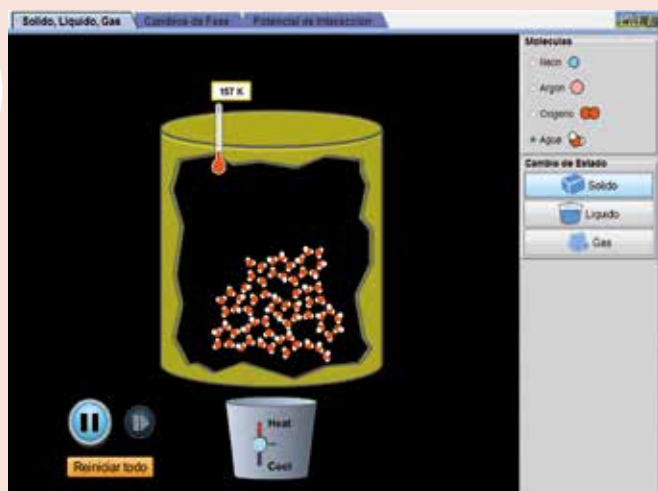


Recordar la variación de la temperatura como desencadenante del cambio de estado del hielo, nos permitió introducir otro elemento al modelo: el efecto de la temperatura en el cambio del movimiento de los corpúsculos.



Los simuladores

Permiten experimentar con el modelo, visualizar el comportamiento de los corpúsculos en una misma sustancia en sus diferentes estados, o de diferentes sustancias en iguales condiciones.

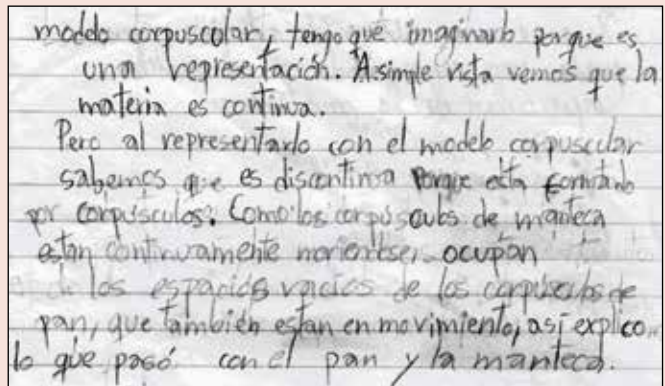
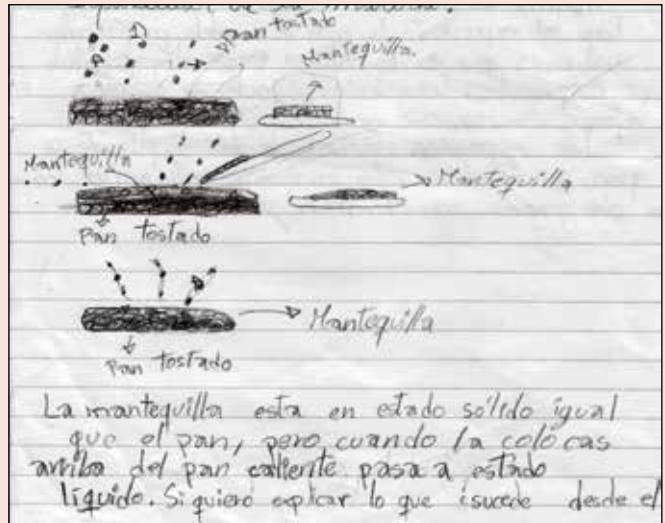
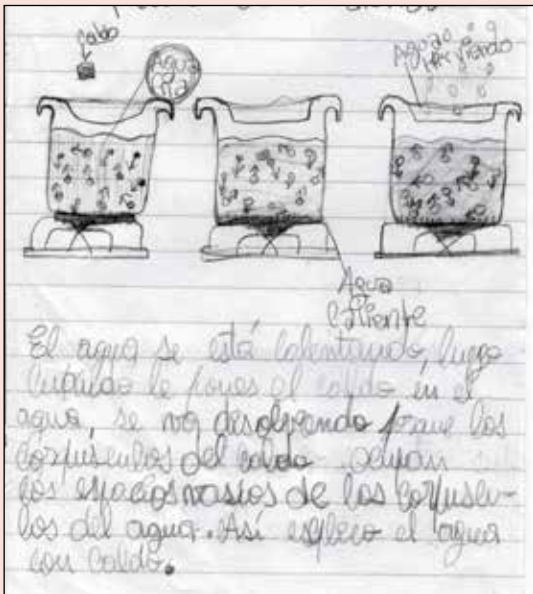
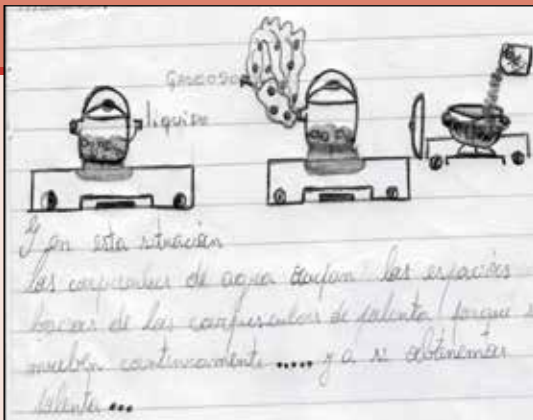


Estas capturas de pantalla muestran las posibilidades que brinda el simulador “Estados de la materia” de la Universidad de Colorado. Es un recurso privilegiado en el sentido que permite “interactuar” con el modelo facilitando el trabajo con él, dado el grado de abstracción que requiere su comprensión. Asimismo permite a los alumnos ir modificando variables, y ver el efecto que esto tiene en ese modelo. Si bien los simuladores no sustituyen a la observación y a la experimentación, añaden una nueva dimensión para la comprensión de la Ciencia.

Y fue posible

Por último les propusimos que seleccionaran situaciones de la vida cotidiana, en las que lo que sucedía podía ser explicado por las ideas fundamentales del modelo corpuscular escolar.





Dados los logros que, en particular, dos de los grupos denotaban se pudo analizar el texto oficial (Perdomo, Pizolanti y Ramírez, 2009) e intentar avanzar tanto en lo estructural como en la dinámica de la concepción de la materia. 

Referencias bibliográficas

- COULÓ, Ana; ADÚRIZ-BRAVO, Agustín (2010): "La idea más minúscula. Unidad didáctica para aprender sobre modelos en torno a la estructura atómica de la materia" en F. Angulo Delgado; M. Quintanilla Gatica (comps.): *Unidades Didácticas en Ciencias Naturales y Educación Ambiental: Su contribución a la promoción de competencias de pensamiento científico*, Vol. 2, pp. 159-186. Medellín: Universidad de Antioquia.
- GAARDER, Jostein (1994): *El mundo de Sofía. Novela sobre la historia de la filosofía*. Madrid: Ed. Siruela. Colección Las Tres Edades/Biblioteca Gaarder 1. En línea: <http://www.institutodorrego.edu.ar/sofia.pdf>
- GELLON, Gabriel (2007): *Había una vez el átomo o cómo los científicos imaginan lo invisible*. Buenos Aires. Siglo XXI editores. Colección Ciencia que ladra...
- PERDOMO, Graciela; PIZOLANTI, Natalia; RAMÍREZ, Miriam (2009): *Libro de Ciencias Naturales de sexto año*. Montevideo: CEIP.
- TONIN, Luiz Francisco (2007): "Ver lo grande. Pensar lo pequeño" en *QUEHACER EDUCATIVO*, N° 83 (Junio), pp. 32-34. Montevideo: FUM-TEP.

Referencias videográficas

- PhET (2016): "Estados de la materia" en *Interactive simulations*. University of Colorado. En línea: <https://phet.colorado.edu/es/simulations/translated/es>

Nota:

Este artículo se basa en la comunicación oral "El modelo corpuscular escolar: recursos para su enseñanza", presentada por Claudia González y Cecilia Torres en *Poniendo en foco la enseñanza. Segundo Encuentro Educación CLAEH* (Montevideo, 16-17 de octubre de 2015).