

El modelo atómico de la materia en la formación científica del profesorado de las primeras etapas educativas

Esteban Moreno Gómez

Resumen: En este artículo describimos un conjunto de actividades científicas dirigidas a profesores de primaria, con el fin de proporcionarles materiales y métodos apropiados para guiar a sus estudiantes en una visión introductoria del modelo atómico de la materia, de acuerdo con los principios del aprendizaje significativo de Ausubel. Como se muestra en este trabajo, los profesores deben ser capaces de explicar las propiedades de la materia mediante el modelo atómico y molecular, conocimiento que debería ser obligatorio en su competencia científica curricular. Creemos firmemente que una buena formación científica de los profesores es esencial para lograr la alfabetización científica de nuestra sociedad.

Palabras clave: Formación científica, teoría atómica de la materia, educación primaria, experimentos, didáctica, recursos didácticos.

Abstract: In this paper we describe a set of scientific activities aimed to elementary school teachers, in order to provide them with materials and methods appropriated to guide their students in an introductory view of the atomic model of matter, according with Ausubel principles of meaningful learning. As we show in this work, teachers must be able to explain the properties of matter using the atomic and molecular model, the knowledge of which should be compulsory in their scientific curricular competence. We strongly believe that a good scientific background of the teachers is essential in order to achieve the scientific literacy of our society.

Keywords: Science training, atomic theory of matter, elementary education, experiments, science teaching, didactic resources.

INTRODUCCIÓN

Fue en los Estados Unidos de América, en 1966, donde se inició el desarrollo legislativo que contemplaba la obligatoriedad de la enseñanza de la ciencia en la etapa de los cinco a los trece años.^[1]

En la actualidad, la necesidad de implantar planes que aborden la ciencia en las primeras etapas educativas (Educación Infantil y Primaria) goza de un amplio consenso entre los profesionales de la educación de todos los países desarrollados y, en particular, de los denominados económicamente emergentes.

En nuestro país, las distintas y cambiantes iniciativas legislativas han ido incluyendo, con mayor o menor acierto, contenidos científicos en el currículo de Primaria. Sin embargo, las autoridades educativas y las Facultades de Educación no han previsto la necesaria formación en materias científicas del profesorado de las primeras etapas.^[2]

La formación en ciencias del profesorado es clave para implementar con éxito dichas materias en la escuela y, probablemente, la mejor base científica que pueda adquirir un docente comience por la asimilación general del modelo atómico de la materia.

Desde el año 2000, el grupo *El CSIC en la Escuela* realiza cursos de formación científica enfocados a las competencias de los maestros de Educación Infantil, Primaria y primer ciclo de Secundaria, y fruto de esta experiencia hemos llegado a la conclusión de la necesidad de empezar siempre nuestra labor formativa con aplicaciones al aula de la teoría atómico-molecular.

EL PROYECTO Y SU METODOLOGÍA

“El CSIC y la Fundación BBVA en la Escuela^[3]” es un proyecto de ámbito estatal que establece una colaboración entre científicos y maestros con el objetivo de extender el conocimiento científico en las aulas desde la Educación Infantil y Primaria.

Las líneas de trabajo principales son la formación científica del profesorado, la investigación en nuevos métodos de enseñanza-aprendizaje de las ciencias, la proyección social del trabajo científico realizado en las aulas y la publicación de sus resultados.

Nuestro programa se centra en los docentes de las primeras etapas educativas y pretende que el maestro vea la utilidad de realizar ciertas modificaciones metodológicas a la hora de enseñar ciencia en el aula, privilegiando su formación teórica y práctica, de forma análoga a la actualización que reciben los profesores^[4] de Educación Secundaria.

Desde nuestra perspectiva, la labor del docente que enseña ciencia es ayudar al alumno a obtener leyes y construir modelos, por medio de experimentos y razonamientos apropiados.

Todos nuestros cursos de formación se diseñan siguiendo un planteamiento constructivista, permitiendo que el



V. A. de Cultura Científica
Consejo Superior de Investigaciones Científicas (CSIC)
c/ Serrano 144. 28006. Madrid
C-e: esteban@orgc.csic.es

E. Moreno Gómez Recibido: 12/03/2015. Aceptado: 06/07/2015.

maestro sea quien edifique su propio conocimiento; esta experiencia le será muy útil cuando la aplique con sus alumnos en el aula.

En primer lugar efectuamos un análisis de los conceptos que intervienen en el tema que tratamos, que son los que debe conocer el maestro en el marco de las competencias que establece el currículo educativo. Realizamos un mapa, tal como sugiere Novak,^[5] identificando los conceptos fundamentales, las relaciones jerárquicas entre éstos, las magnitudes y los modelos. Esta fase es crucial pues delimita el alcance de la formación que queremos dar al docente y asegura el éxito del aprendizaje significativo. Un ejemplo de mapa de este tipo lo tenemos en la Figura 1.

Como herramienta transversal, de gran utilidad para el docente, intentamos exponer nuestros cursos en función del desarrollo histórico de los conceptos más importantes, permitiendo al maestro contextualizar temporalmente la aparición de los modelos científicos y situar a sus creadores.

El resultado final son cursos de formación teórico-prácticos, de unas 16 horas de duración, que permiten al profesor conocer la evolución de los distintos modelos científicos implicados, sus protagonistas, los conceptos y magnitudes necesarios y, por supuesto, un gran número de aplicaciones prácticas para el aula.

Debemos tener en cuenta que a la hora de enseñar a un niño un determinado concepto científico se tiene que tener muy presente el grado de desarrollo cognitivo en

el que se encuentra, así como lo que ha aprendido antes (conceptos previos).

LA IMPORTANCIA DEL MODELO ATÓMICO EN LA FORMACIÓN CIENTÍFICA DEL PROFESORADO

Decía Feynman que la teoría atómica es el conocimiento más importante que habría que salvar para las futuras generaciones, en caso de un hipotético cataclismo, pues alberga gran cantidad de información en pocas palabras.^[6]

La necesidad de que el maestro conozca el modelo atómico-molecular es imprescindible no solo como competencia directamente relacionada con esta teoría, como por ejemplo los cambios de estado ligados al ciclo del agua, sino que su conocimiento es indispensable para comprender otros fenómenos que debe abordar en su aula. Este es el caso del electromagnetismo, las fuentes y tipos de energía, o los conceptos de presión y temperatura.

En ciencia y en educación un concepto nunca es un elemento aislado en el esquema general de conocimiento. Su adquisición o modificación implica un cambio en dicho esquema general, de una manera semejante a como tienen lugar los cambios de paradigma en la historia de la ciencia.^[7]

De esta forma, cuando se modifica un concepto en la mente de un niño (por ejemplo que la niebla es agua en forma de gotitas y no humo), se modifica también toda la

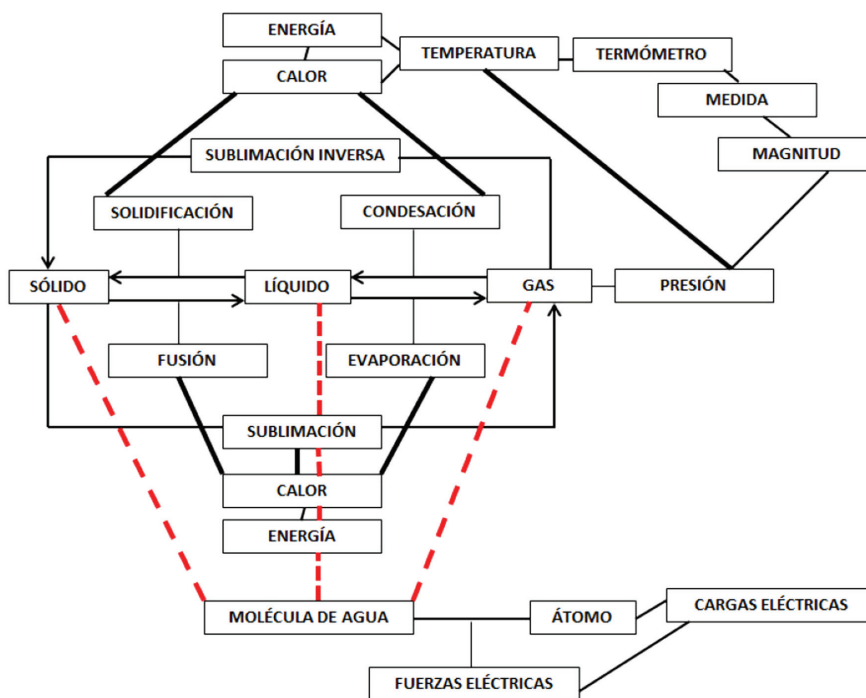


Figura 1. Ejemplo de mapa de conceptos, utilizado para el diseño de un curso de formación científica a maestros que trate el modelo atómico-molecular y el ciclo del agua. Fuente: Elaboración propia

visión global que posee o de la que carece, en este caso, sobre el proceso natural del ciclo del agua.

ALGUNAS EXPERIENCIAS DE FORMACIÓN A MAESTROS Y SUS APLICACIONES AL AULA

El lector habrá detectado que al abordar la estructura del átomo surgen conceptos como el de carga eléctrica, que a su vez implican otros como los de fuerzas de atracción-repulsión, cuyo conocimiento es necesario para asegurar la competencia del maestro en este tema, conceptos que son imprescindibles para desarrollar el modelo de molécula.

La interrelación entre conceptos científicos, como señalamos en el apartado anterior, es una pauta regular en el desarrollo de la práctica educativa: un concepto no está aislado, siempre depende de otro u otros.

Cargas y fuerzas eléctricas

Planteamos a los maestros una serie de actividades encaminadas a descubrir fenómenos electroestáticos que nos permitan asimilar el concepto de carga eléctrica. Para ello utilizamos como hilo conductor la historia de la ciencia recreando los experimentos cuya descripción se atribuye a Tales de Mileto, pero utilizando materiales caseros.

Podemos observar la fuerza eléctrica empleando materiales de fácil adquisición en un aula: pajitas de plástico, tubos de PVC, globos y servilletas de papel para frotar.

El profesor, al igual que sus alumnos, debe descubrir la existencia de unas fuerzas de atracción y de repulsión y posteriormente describir estos fenómenos utilizando el modelo de carga eléctrica.

No deja de ser sorprendente que las fuerzas que surgen al acercar una pajita de plástico (convenientemente frotada) a unos pedacitos de papel sean las mismas que actúan a escala atómica.

La combinación plástico-servilleta de papel es la más apropiada para trabajar en el aula, ya que la servilleta (fácilmente reemplazable) limpia la superficie del objeto al mismo tiempo que lo electriza, absorbiendo pequeñas cantidades de grasa o agua.

En la Figura 2 podemos ver cómo un maestro de Zamora ha llevado a cabo estas actividades en su aula.

Mendeleiev y el constructor de átomos

Esta es una actividad básica en nuestros cursos de formación, y va destinada a que los maestros adquieran el conocimiento suficiente para comprender la estructura básica de la materia, los conceptos que intervienen, el desarrollo histórico de este modelo y la razón de la tabla periódica de los elementos.

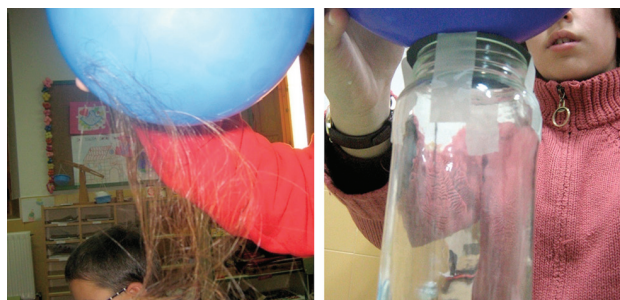


Figura 2. Distintas actividades sobre electrostática, realizadas por alumnos de Primaria del CRA de Corese (Zamora, 2008) encaminadas a adquirir el concepto de carga y fuerza eléctrica. Fotografía realizada por Luis Florián

A modo de un juego de mesa, incorpora las fichas (protones, neutrones y electrones) y el tablero (núcleo y orbitales). Como todo juego tiene reglas y éstas buscan colocar un determinado número de partículas (fichas) en el tablero siguiendo criterios como la neutralidad de carga o el número de electrones por orbital (principio de exclusión de Pauli); de esta forma al incorporar fichas al tablero (aumentando el número másico) se van *construyendo* y descubriendo distintos átomos y se estudian las propiedades físicas y químicas de cada uno de ellos. El juego se completa con un glosario de términos y un diálogo virtual entre Mendeleiev y otros científicos. Como muestran las imágenes de la Figura 3 *Mendeleiev y el constructor de átomos*^[8] está planteado como un juego fácilmente trasladable al aula, que muchos maestros han adaptado de diversas maneras y con distintos materiales, y que ha probado su idoneidad para que los alumnos adquieran conocimientos sobre la estructura de los átomos.



Figura 3. *Izquierda:* alumnos de quinto curso de Primaria del CP San Jorge cuyo profesor utiliza distintos tipos de legumbres como protones, neutrones y electrones. *Derecha:* sistema periódico en el aula (Pamplona, 2009). Fotografía realizada por J.J. Artázcoz

El maestro tiene distintas formas de comprobar el grado con que sus alumnos van asimilando el modelo de la estructura atómica; quizás la más representativa es observar sus dibujos y esquemas.

En la Figura 4 podemos observar dos ejemplos: el primero corresponde a un alumno de cinco años que, debido a su edad, ha asimilado el lugar que ocupan las distintas partículas de un átomo (sitúa correctamente en su lugar a las partículas) pero no la regla de equilibrio de cargas entre protones y electrones; el segundo nos muestra el cuaderno de un alumno con las representaciones de los átomos de Litio y Berilio.

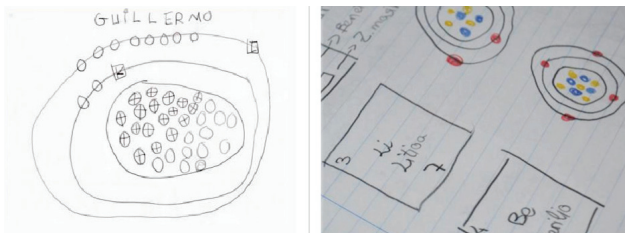


Figura 4. A la izquierda dibujo de un alumno de 5 años del CEIP Virgen de la Cabeza (Tudela, 2008). Derecha dibujos en el cuaderno de un alumno de 2.º Ciclo de Primaria del CEIP Ntra. Sra. de Orreaga (Garralda, 2013). Fotografía realizada por M.ª Blanca Carballo

El modelo de molécula

Una vez que el docente comprende, a grandes rasgos, la estructura del átomo, estamos en condiciones de elaborar el modelo de molécula. En este punto es necesario hacer una precisión: si bien, el maestro debe conocer con el máximo detalle posible los procesos (reacciones químicas) que dan lugar a las moléculas y los conceptos asociados (valencia, tipos de enlace, distribución electrónica, fuerzas intermoleculares, etc.), será también el maestro quien decida con qué nivel de complejidad trabaja el modelo de molécula con sus alumnos.

En un principio proponemos que el docente utilice un modelo cinético de molécula en el caso de los gases, similar al propuesto por Daniel Bernoulli en el siglo XVIII. Las

moléculas estarían representadas por partículas puntuales, elásticas y en constante movimiento, cuyo comportamiento el profesor puede aproximar al de pelotas de goma. Esta simplificación del modelo de molécula (esferas elásticas) tiene limitaciones, pero, en nuestra labor formativa, ha demostrado ser un recurso didáctico muy útil. Por tratarse de un modelo cinético de la materia permite que el docente lo utilice^[9] para introducir, entre otros, los conceptos de presión y temperatura.

En nuestra experiencia hemos observado que el maestro formado en ciencia actúa en su aula, al principio, con algo de inseguridad, pero tras comprobar la satisfacción de sus alumnos por la metodología experimental, abraza con entusiasmo cualquier proyecto aunque pueda parecer, inicialmente, complicado. En la Figura 5 podemos observar el trabajo sobre la molécula de agua en una clase de seis años, en la que cada alumno es un átomo de Oxígeno o de Hidrógeno y la unión por sus manos representa el enlace covalente.

Los maestros son pronto conscientes de las aplicaciones del modelo de molécula en Educación Primaria, que convenientemente usado es una herramienta didáctica de primer orden que permite dar un sentido fundamental a gran parte de las competencias científicas de esta etapa educativa, principalmente en el área de materia y energía. En la Figura 6 podemos observar dos ejemplos concretos que abordaron el estudio de las máquinas de vapor (máquina de Savery) y de los tipos de energía.



Figura 5. Modelo de molécula de agua (izquierda). A la derecha representación de moléculas de agua. Alumnos de 6 años del C.P. Sancho Ramírez de Arguedas (Navarra, 2008). Fotografía realizada por Nuria Galarreta

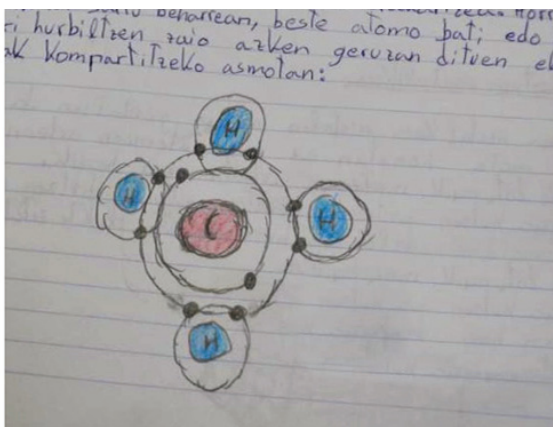


Figura 6. Izquierda: montaje de una máquina de Savery y alumnos de 11 años del C. P. José L. Arrese (Corella, 2010). Derecha: modelo de molécula de metano en el cuaderno de un alumno de Primaria del CEIP Ntra. Sra. de Orreaga (Garralda, 2013). Fotografía realizada por Manuel Martín

La existencia de los gases

Los gases cotidianos que forman el aire no son observables a simple vista, pero esto no es una barrera para la enseñanza, al contrario, debemos utilizar este hecho para estimular la imaginación de los alumnos.

Parafraseando a Einstein, podemos preguntarnos ¿qué sabemos los humanos del aire que nos rodea?

Uno de los recursos^[10] que proponemos a los maestros en formación tiene que ver con que el alumno descubra la existencia de los gases. Para ello trasladamos el aire contenido en una botella llenando otra que contiene agua. Los alumnos de la etapa de Infantil descubren que los gases existen, que se pueden manipular y que además es divertido.

El ciclo del agua a través del modelo molecular

Cuando el docente ha realizado las experiencias anteriores está en condiciones de elaborar un modelo que explique su comportamiento. En este momento hay que recordar al maestro que son dos las principales ideas que hay detrás de dicho modelo: que la materia está constituida por moléculas y que éstas obedecen las mismas leyes que los cuerpos macroscópicos.

El siguiente paso es proponer al profesor un camino didáctico que oriente a su alumnado hacia la elaboración de este modelo, siguiendo un proceso que permita un aprendizaje significativo, presentándole una serie de resultados experimentales que le ayuden a trabajar este modelo en su aula y profundizar en las propiedades de la materia.

El caso más sencillo, y aplicable a un aula de las primeras etapas educativas, es el reflejado en la Figura 7, un experimento de condensación de vapor de agua que permita que el alumno llegue a la conclusión de que el vapor y el líquido tienen la misma composición.

La aparición de pequeñas gotas de agua en la superficie de, por ejemplo, un recipiente metálico a baja temperatura nos brinda una situación muy interesante desde el punto de vista científico y educativo. Al preguntarnos ¿de dónde viene esa agua? nos enfrentamos a una situación en la que el razonamiento lógico nos obliga a suplir lo que nuestros sentidos no perciben.

La propia lógica de nuestro razonamiento nos lleva a admitir que el agua condensada ha surgido del aire

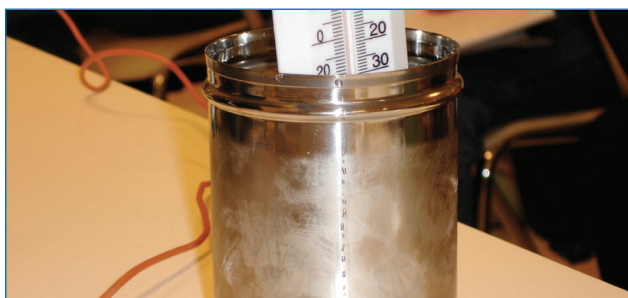


Figura 7. Experiencia de condensación de agua en las paredes de un recipiente frío para determinar el *punto de rocío*, durante un curso de Formación Científica a maestros impartido por *El CSIC en la Escuela*. Fotografía realizada por el autor

de una manera invisible para nuestro sentido de la vista; además los resultados del experimento se repiten en cualquier lugar. En este momento el alumno, guiado por el profesor, debe admitir que el agua está en el ambiente mezclada con otros gases del aire de forma que no la vemos. Siguiendo con el análisis lógico, el docente debe exponer al alumnado que el agua presente en el aire debe formar partículas tan pequeñas que nos resulta imposible verlas, y que estas partículas reciben el nombre de moléculas.

El análisis de los resultados del experimento muestran que, poco a poco, las moléculas de agua se adhieren a la pared de la lata de refresco hasta adquirir el tamaño de pequeñas gotas que ya son visibles para nosotros; el maestro aprovechará este momento para poner nombre a este proceso: condensación.

Las implicaciones educativas de esta sencilla experiencia son múltiples y varían en función de los objetivos del maestro (casi siempre limitados por el programa curricular) y de la etapa de desarrollo cognitivo^[11] del alumno.

En este punto insistimos al docente en que puede utilizar este experimento para ampliar los conceptos científicos implicados relacionando la condensación con la temperatura. Como vemos en la Figura 8, el concepto de temperatura le permitirá tratar el de la energía (el calor) necesaria, a su vez, para estudiar las fuerzas intermoleculares y un proceso inverso al anterior: la evaporación.



Figura 8. Alumnos de 4 años trabajan el papel del calor (derecha) en el proceso de evaporación de agua en el suelo del aula. Experiencias realizadas en el CEIP Ntra. Sra. de los Ángeles (Murcia, 2014). Fotografía realizada por Nuria Castellanos

Experiencias similares permitirán que el docente trabaje con sus alumnos los conceptos de vapor de agua, evaporación y solidificación. El niño que trabaja estos conceptos asimila implícitamente el principio de conservación de la materia: el agua líquida no ha desaparecido, se ha transformado en partículas invisibles para nosotros: en moléculas de vapor de agua.

La motivación para el estudio de la molécula de agua, en las primeras etapas de la educación, es la de explicar las fuerzas de cohesión responsables de los cambios de estado, en especial las que presentan una dirección bien determinada, responsables de la menor densidad del hielo respecto al agua líquida.

Asimismo, las fuerzas de adherencia, fácilmente observables en tubos capilares, constituyen una motivación suficiente para investigar el origen de la polaridad de las moléculas.

RECURSOS AUDIOVISUALES PARA LOS MAESTROS

“El CSIC y la FBBVA en la Escuela” es un proyecto de colaboración entre científicos y maestros y son éstos los que, además de formación, demandan recursos que puedan aplicar al aula.

Por esta razón el proyecto cuenta con diversos portales web donde se publican animaciones, videos y películas de utilidad en las aulas.

Sin duda la herramienta más demandada es el sitio^[12] *KIDS.CSIC – Aprender ciencia es divertido*, donde los docentes interesados en trabajar ciencia en sus aulas disponen de un apoyo en forma de películas de dibujos animados que recrean experimentos relevantes en la historia de la ciencia y que están adaptadas para distintas edades.

Este portal cuenta con un itinerario específico (“El mundo de las moléculas”) donde de forma progresiva se introduce el modelo molecular de la materia a través de una serie formada por tres películas.

Con la película “¿De qué estamos hechos los seres vivos?”, que recrea el famoso experimento del sauce que realizó Van Helmont a principios del siglo XVII, el maestro puede introducir a sus alumnos en la naturaleza material de los seres vivos; el siguiente relato animado, “Descubriendo los gases”, se centra en las experiencias que Joseph Priestley desarrolló con los gases del aire, en concreto el CO₂ y el O₂. Utilizando estas dos películas el profesor puede trabajar la naturaleza molecular de la materia y su relación con la vida.

El tercer cuento del itinerario de las moléculas se titula “La historia de una mancha” y es muy demandado en las aulas de los maestros que colaboran con el programa. En este cuento se propone un modelo más complicado de molécula que el utilizado anteriormente, como se puede observar en la Figura 9, ya que dotamos a las moléculas de una configuración electrónica para introducir los conceptos de cargas eléctricas y polaridad. El docente puede utilizar esta película como proceso de asimilación de la polaridad eléctrica de la molécula de agua usando, para ello, el proceso de lavado con jabón de una mancha de grasa.

Todas las películas de este portal cuentan con guías didácticas para los docentes y para los padres, con el fin de informarles de la adaptación de las mismas al programa educativo y permitirles el máximo aprovechamiento.

Otros recursos audiovisuales que ha desarrollado el programa es una serie de videos, publicados en el canal de YouTube del Museo Virtual de la Ciencia del CSIC, sobre sencillos experimentos que pueden ayudar al docente a trabajar los conceptos de presión, calor y temperatura.

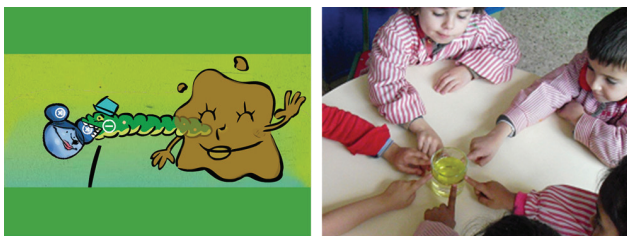


Figura 9. Fotograma de “la historia de una mancha” (izquierda) donde se trabaja el concepto de moléculas polares. Derecha: alumnos experimentando con agua y aceite en la EEI N°1 de San Pedro del Pinatar (Murcia, 2010). Fotografía realizada por Rosario Arnao

CONCLUSIONES DE LA ENSEÑANZA DEL MODELO ATÓMICO-MOLECULAR A MAESTROS DE LAS PRIMERAS ETAPAS

La formación científica continua del profesorado de las primeras etapas educativas debe ser tenida en cuenta por las autoridades educativas tanto para el personal en activo como para los futuros docentes que se forman en las facultades de magisterio.

Consideramos que en el lugar central del proceso de enseñanza de la ciencia se encuentra el modelo molecular de la materia. El docente que asimila este modelo posee una herramienta clave para desarrollar todos los aspectos del currículo educativo en materia de ciencias.

Todo nuevo conocimiento se construye a partir de conocimientos previos. Por ello, la existencia de un preconcepto, no deconstruido^[13], que se opone a la explicación de los nuevos experimentos produce en el alumno un conflicto que suele solucionar aprendiendo la nueva información de memoria. Nuestra experiencia nos demuestra que el maestro puede utilizar la Teoría atómico-molecular para analizar y destruir estos preconceptos (por ejemplo: que la niebla es humo o que un abrigo da calor) y mejorar el proceso de aprendizaje de sus alumnos.

El modelo molecular también permite que el alumno aprenda, de forma significativa, el ciclo del agua de un modo completamente distinto^[14] a como se viene enseñando en nuestras escuelas, como podemos observar en la Figura 10.

El maestro formado en la Teoría molecular de la materia adquiere un cuerpo de conocimiento fundamental que puede utilizar como base para desarrollar gran parte del programa de ciencias (Conocimiento del Medio o Ciencias Naturales) de Primaria. Por ejemplo, los maestros comprueban que el aprendizaje acerca del origen, percepción y transmisión del sonido es mucho más efectivo si antes han trabajado con sus alumnos el modelo cinético molecular de los gases; lo mismo ocurre cuando se aborda el tema “Máquinas y tecnologías” referido al funcionamiento de la máquina de vapor.

Nuestra labor en la formación científica del profesorado de las primeras etapas educativas es dotar al docente de un marco conceptual teórico y experimental que le ayude a comprender la Teoría atómica de la materia, de forma que pueda desarrollar con cierta competencia el programa de ciencias con sus alumnos. Algunas de estas experiencias consistirán en un experimento provocador, como puede ser el de la condensación de agua en un bote, que permitirán que el maestro trabaje la observación crítica de un fenómeno, la medida de magnitudes, la deducción lógica y la relación entre conceptos.

Pueden consultarse decenas de experiencias llevadas a cabo en el aula por profesores colaboradores de “El CSIC y la FBBVA en la Escuela”, en la sección “Ciencia en el Aula” de nuestro portal.

AGRADECIMIENTOS

Quiero agradecer la inestimable ayuda para este trabajo a José María López Sancho, investigador del IFF-CSIC y

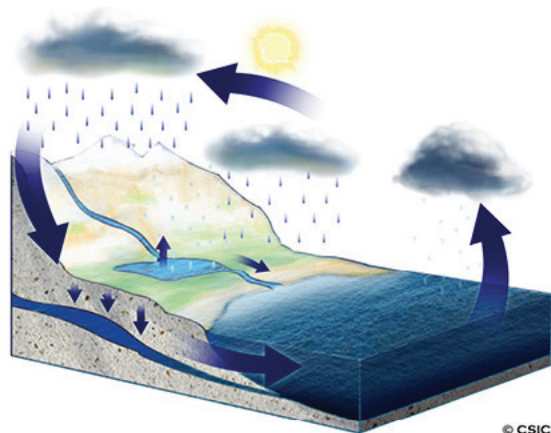


Figura 10. Esquema del ciclo del agua que se puede encontrar en la mayoría de los libros de texto. Derecha: dibujo con la interpretación del ciclo del agua realizado por una alumna de 6 años del CEIP Fontarrón (Madrid, 2005), las bolitas representan moléculas de agua evaporándose. Fuente: Elaboración propia

director de “El CSIC y la FBBVA en la Escuela”. También a los maestros que realizaron las experiencias (y las fotografías) de este artículo, por orden de aparición: Luis Florián Ramos, José Javier Artázcoz, Marian Fernández, M.^a Pilar Lasa, Ana Jose Saso, M.^a Luisa Garde, M.^a Blanca Carballo, Nuria Galarreta, Agustina Zapatería, Estela Serrano, Judith Jiménez, M.^a Ángeles González, M.^a Ángeles Rodríguez, Manuel Martín, Ana L. Palacios, M.^a Carmen Jiménez, Sergio Rodríguez, M.^a Blanca Carballo, Nuria Castellanos, Ana Cristina Rubín, Mariola Sanz, Rosario Arnau, Laura Caballero, Ana M.^a Tárraga, Isabel M.^a Sánchez y Rosa Martínez.

Mi reconocimiento y gratitud a los centenares de maestros adscritos al programa, cuya ilusión por aprender ciencia se traslada día a día a sus alumnos muchas veces en condiciones bastante difíciles.

Este artículo forma parte de las actividades de comunicación social de la ciencia previstas en el Proyecto “El CSIC y la FBBVA en la Escuela” 2013-2015 que cuenta con la financiación de la Fundación BBVA.

BIBLIOGRAFÍA

[1] <http://digital.csic.es/handle/10261/85818>

J. M. López Sancho en *La naturaleza del conocimiento. Clave para entender el proceso de aprendizaje*, Serie Educadores, CSS. Madrid, 2003, pp. 23-27, 66-68.

[2] J. M. Oliva Martínez & J. A. Acevedo Díaz, *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 2005, 2, 241-250.

[3] <http://www.csicenlaescuela.csic.es>. Página Web del Proyecto El CSIC y la FBBVA en la Escuela. Consultada el 12/03/2015.

[4] M.^a E. González Aguado, *Anales Quím.* 2007, 103(3), 54-58.

[5] J. D. Novak, *Journal of e-Learning and Knowledge Society*, 2010, 6, 3, 21-30.

[6] R. P. Feynman, R. B. Leighton & M. Sands en *The Feynman Lectures on Physics, Mainly Mechanics, Radiations and Heat*, Vol. I, Addison-Wesley Publishing Company, Massachusetts, 1963, pp. 3-4.

[7] T. S. Kuhn en *La estructura de las revoluciones científicas*, Fondo de cultura Económica, México, 2004, pp. 112-128.

[8] <https://digital.csic.es/handle/10261/83226>

Mendeleiev y el constructor de átomos. Material didáctico. “El CSIC y la FBBVA en la Escuela”. 2007.

[9] <http://digital.csic.es/handle/10261/85765>

J. M. López Sancho, et al. en *Descubriendo las moléculas: un proyecto para el aula, Material didáctico para profesores de Educación Infantil y Primaria*. Madrid, 2006, pp. 33-41.

[10] <http://digital.csic.es/handle/10261/85765>

J. M. López Sancho, et al. en *Descubriendo las moléculas: un proyecto para el aula, Material didáctico para profesores de Educación Infantil y Primaria*. Madrid, 2006, pp. 33-41.

[11] P. Mounoud, *Revista de Educación. Contextos Educativos*. 2001, 4, 53-77.

[12] <http://www.kids.csic.es> Página Web del portal KIDS.CSIC. Aprender ciencia es divertido. Consultada el 03/02/2015.

[13] <http://digital.csic.es/handle/10261/85818>

J. M. López Sancho en *La naturaleza del conocimiento. Clave para entender el proceso de aprendizaje*, Serie Educadores, CSS. Madrid, 2003, pp. 23-27, 66-68.

[14] <http://digital.csic.es/handle/10261/5002>

M.^a J. Gómez Díaz, et al. *De la sopa a la condensación*. Material didáctico. “El CSIC y la FBBVA en la Escuela”. 2008.