

HABLANDO DEL MODELO CINÉTICO-MOLECULAR CON UN REFRESCO DE COLA

FALANDO SOBRE O MODELO CINÉTICO-MOLECULAR COM UM REFRESCO DE COLA

TALKING ABOUT THE KINETIC-MOLECULAR MODEL WITH A COKE

Ramon Cid Manzano¹ & Isaac Valiña Lema²

¹Departamento de Didácticas Aplicadas, Universidade de Santiago Compostela, España

²Instituto de Educación Secundaria de Curtis, A Coruña, España

rcidmanzano@gmail.com

RESUMEN | Presentamos una aproximación sencilla para la enseñanza del modelo cinético-molecular en educación secundaria. Utilizamos como centro de interés un refresco de cola, a través de diferentes acciones procedimentales, siendo la contextualización y la implicación del alumnado en las actividades experimentales los aspectos didácticos más importantes.

PALABRAS CLAVE: Química en contexto, Enseñanza secundaria, Modelo cinético-molecular, Aprendizaje práctico, Enseñanza contextualizada.

RESUMO | Apresentamos uma abordagem simples ao ensino do modelo cinético-molecular no ensino secundário. Utilizamos uma cola como foco de interesse, através de diferentes ações processuais, sendo a contextualização e o envolvimento dos estudantes nas atividades experimentais os aspetos didáticos mais importantes.

PALAVRAS-CHAVE: Química no contexto, Ensino secundário, Modelo cinético-molecular, Aprendizagem pela prática, Ensino contextualizado.

ABSTRACT | We present a simple approach for teaching the kinetic-molecular model in secondary education. We use a coke soft drink as the focus of interest, through different procedural actions, with contextualization and student involvement in the experimental activities being the most important didactic aspects.

KEYWORDS: Chemistry in context, Secondary school, Kinetic-molecular model, Hands-on learning, Contextualized teaching.

1. INTRODUCCIÓN

En los últimos años, una parte importante de la investigación didáctica sobre la enseñanza de contenidos científicos en la educación secundaria se ha orientado en la dirección de integrar contextualización, indagación y modelización como procesos imprescindibles en el aprendizaje de la competencia científica (Caamaño, 2011). Hemos centrado, en particular, nuestra intención didáctica utilizando un refresco de cola, aunque podría hacerse con cualquier otra bebida carbonatada. Si hemos elegido ese tipo específico de bebida es porque refuerza aún más la idea de contextualizar el proceso de enseñanza de la Química respondiendo así a dos de los factores necesarios para que un alumno o alumna construya su conocimiento: es un proceso social (ocurre en interacción con otros desde intereses comunes), y es un proceso “situado”, es decir, la adquisición del conocimiento siempre tiene lugar en un contexto o situación específica (Meroni y otros, 2015).

Las actividades que proponemos son de carácter experimental, muy sencillas y desde una aproximación semicuantitativa, dentro de una estrategia didáctica basada en la argumentación y el uso de pruebas (Jiménez Aleixandre y Puig, 2015).

Estas propuestas pretenden facilitar el aprendizaje de algunos contenidos químicos, siendo importante señalar que, en mayor o menor medida, son aproximaciones a la realidad química, como lo es en gran medida la enseñanza de esta materia en secundaria.

Por tanto, es importante tener en cuenta que, aunque los procesos que están presentes presentan dificultades de interpretación por la complejidad de los fenómenos (Zenit y Rodríguez, 2018) y por la presencia en esos refrescos de muchas sustancias químicas (no hay más que ver sus etiquetas para encontrar una decena de diferentes componentes), podemos hacer aproximaciones válidas, a pesar de su alto grado de simplificación, dados los fines didácticos que se pretenden. Debemos debatir inicialmente con el alumnado que es lo que se espera que ocurra (argumentación) tomando en consideración, en este caso, el modelo cinético molecular (modelización), para poder interpretar lo mejor posible el resultado (uso de pruebas) de las actividades realizadas, generándose así verdadero aprendizaje.

2. FUNDAMENTO Y CONTEXTO

Uno de los contenidos que presenta más dificultades epistemológicas para ser enseñado en la Química en secundaria es el modelo cinético-molecular de la materia. Se trata de un tópico de recurrente interés desde para el aprendizaje de la Química (Gentil e Iglesias, 1989; Benarroch, 2000; Ibáñez y Gianna, 2012), pues de su adecuada comprensión va a depender como se interpreten muchos fenómenos, y, por tanto, el correcto aprendizaje de los contenidos químicos asociados. Son muchos los ejemplos que se pueden llevar al aula y también al laboratorio para facilitar la comprensión de este contenido (Oliva y otros, 2003), y la existencia de un gas, en el caso que aquí se presenta, lo hace especialmente adecuado.

En las actividades que aquí proponemos es esencial que los razonamientos y argumentos se orienten en la dirección de interpretar los procesos en base a la presencia de entidades atómico-moleculares, y por tanto a la existencia de la discontinuidad de la materia. Obviamente, la profundidad de estas discusiones y argumentaciones dependerá del nivel escolar

correspondiente, implicando aproximaciones simplemente cualitativas en algunos casos, y semicuantitativas en los más avanzados.

Estamos hablando de acciones sencillas que pueden adaptarse a cualquier curso escolar de secundaria, siendo posible realizarlas, incluso, en cursos de primaria. El debate y la argumentación entre los estudiantes sobre los resultados obtenidos, con diferentes profundidades conceptuales según el nivel escolar, serán los instrumentos que les permitirán acercarse a una aceptable comprensión del modelo cinético-molecular.

3. DESCRIPCIÓN DE LA PRÁCTICA EDUCATIVA Y SU IMPLEMENTACIÓN

Las acciones que presentamos se centran en la disminución de volumen/masa por pérdida de CO₂ y también por evaporación de agua, e insistimos en la idea de que va a ser el modelo cinético-molecular el que deba explicar que es lo que está ocurriendo. Se trata de dos actividades experimentales muy sencillas, tanto en el montaje como en su desarrollo, pudiendo ser realizadas, como ya se ha indicado, por alumnado de cualquier nivel escolar (incluso en cursos de enseñanza primaria), ajustando el propósito al marco curricular correspondiente, pues solo implican toma de medidas de masas en una balanza o de altura de líquidos en un recipiente.

La particularidad experimental que si presentan estas dos actividades es que se trata de acciones que se extienden en el tiempo mucho más que las típicas “prácticas de laboratorio”, pues implican la toma de datos durante varias semanas. Pero estamos hablando de toma de datos muy sencillas que apenas implican uno o dos minutos de tiempo, y, por tanto, repartiendo esas medidas en grupos pequeños de alumnos (por parejas, por ejemplo) a lo largo de ese tiempo, no van a alterar el normal desarrollo de la actividad lectiva de las correspondientes materias.

3.1 Actividad I

Carece de dificultad pues se realiza pesando una botella de plástico cerrada con una cierta cantidad de refresco de cola, con el fin de observar, en un cierto período de tiempo, la disminución de su masa por pérdida de dióxido de carbono a través de las paredes de plástico.

Aunque no es muy conocido, el principal protagonismo en la prolongación de la vida útil de las bebidas carbonatadas se debe a las prestaciones del material de la botella como barrera a la pérdida de CO₂. Los períodos de almacenamiento se denominan "vida útil estándar" de las botellas y dependen de su tamaño. Para las botellas de menos de 1 litro, el tiempo de almacenamiento es de 12 semanas, para las botellas de 1 litro o más, es de 14 semanas. Estos periodos corresponden a los tiempos habituales de aprovisionamiento de los minoristas (Licciardello y otros, 2011). La próxima vez que la lectora o el lector tenga una botella de refresco carbonatado en su mano observe la fecha de consumo que aparece en sus paredes de plástico, y ya sabrá a que se debe.

En la industria es habitual indicar la cantidad de CO₂ con el llamado Grado de Carbonatación (GV) de forma que 1 GV equivale aproximadamente a 1,96 g/L (que es la masa de 1 L de dióxido de carbono en STP). Una pérdida típica de CO₂ para una botella de 2 L con un valor inicial de 4 GV (~8 g de gas), varía a alrededor de 0,3 GV después de 3-4 días (alrededor del 2,5 % por día), luego la tasa de pérdida de CO₂ se reduce a 0,04 GV/semana. Según las directrices comerciales, el grado de carbonatación no debe ser inferior a 3,3 GV.

Para el alumnado es inicialmente sorprendente que algo “continuo” como un gas se pueda “escapar” a través de las paredes “continuas” de plástico de la botella cerrada. El modelo cinético molecular permite imaginar la microestructura del plástico usado (PET) como algo poroso que no puede impedir que las moléculas de CO₂ (estructura discontinua del gas) “encuentren poco a poco la salida” para abandonar el interior de la botella. En el debate-argumentación durante la actividad aparece fácilmente la conclusión de que si el gas presenta más presión dentro de la botella que la que presenta el aire (también “discontinuo”) fuera de ella, se debe producir un flujo neto de gas hacia el exterior, y cuanto más diferencia de presión haya más rápidamente se producirá ese fenómeno. Esto es coherente con los datos indicados en el párrafo anterior, y también en los resultados de la actividad, como se ve en la gráfica (Fig.1).

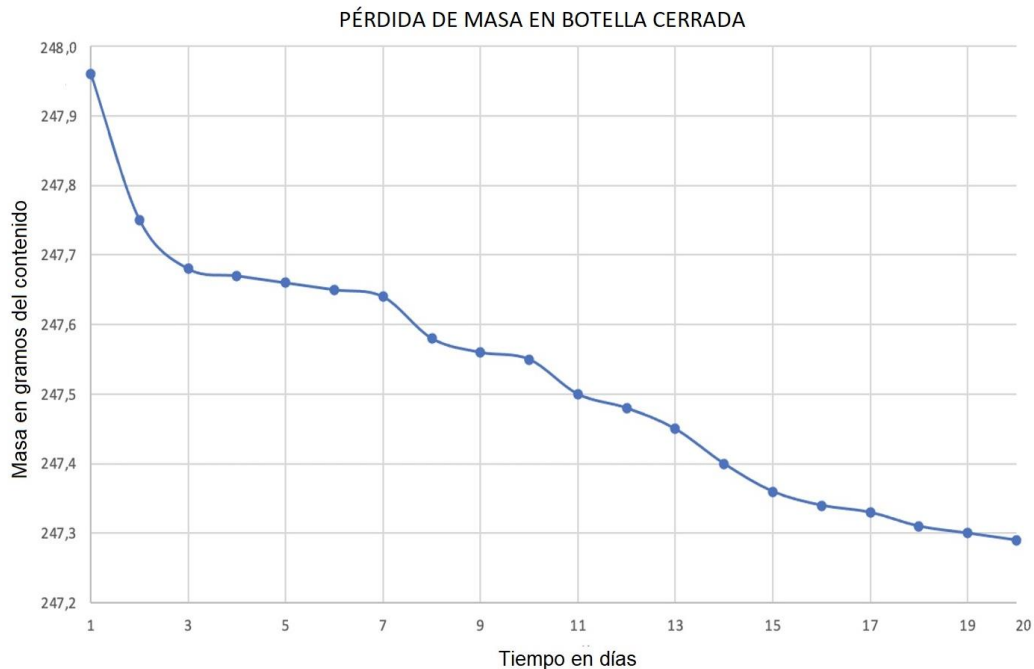


Figura.1. Pérdidas de CO₂ a través de las paredes de una botella de plástico (Actividad I).

El proceso se realizó pesando la botella una vez cada día durante veinte días. Para ello se utilizó una balanza con resolución de 0,01 g.

Como se aprecia en la gráfica de la Fig.1, la mayor pérdida se produce en los 3 primeros días, para atenuarse después el ritmo de salida del CO₂. En los 20 días la cantidad de dióxido de carbono perdido fue de 0,66 g, lo que supone un 0,01 % de media cada día. Se trata de una cantidad aparentemente muy pequeña, y sin embargo nos permite valorar otra cuestión que también presenta grandes dificultades epistemológicas: la magnitud del Número de Avogadro. En efecto, esos 0,66 g de pérdida suponen $5 \cdot 10^9$ (cinco mil billones) de moléculas que salen cada segundo de la botella. Permítasenos resaltar el extraordinario efecto didáctico de este resultado a la hora de mostrar la naturaleza discontinua de la materia.

Caben otras discusiones, como por ejemplo si pueden las moléculas de H₂O también escapar de la misma forma. Aquí el debate deberá tener presente el nivel del que se trate, pues implica la introducción de otras magnitudes y fenómenos, como la presión de vapor del agua a la

temperatura de la actividad (muy inferior a la presión atmosférica exterior), o la existencia de enlaces hidrógeno entre estas moléculas. Otro debate puede establecerse para determinar por qué zonas de la botella escapa más gas. Obviamente, la mayor parte lo hará por las paredes y una menor parte lo hará por el tapón. De hecho, en una botella cerrada de fábrica, más o menos dos tercios del escape ocurre por las paredes y el tercio restante por el tapón (Glevitzky, 2005).

3.2 Actividad II

Consiste en poner en tres recipientes idénticos volúmenes iguales de refresco de cola sin azúcar (1), de solo agua (2), y de refresco de cola azucarado (3). Proponemos hacerlo con recipientes rectos (vasos cilíndricos, por ejemplo), midiendo la altura que alcanza cada líquido en el vaso en determinados momentos (Fig.2). El volumen inicial en nuestro caso es de 150 ml y la altura de partida es de 9 cm.

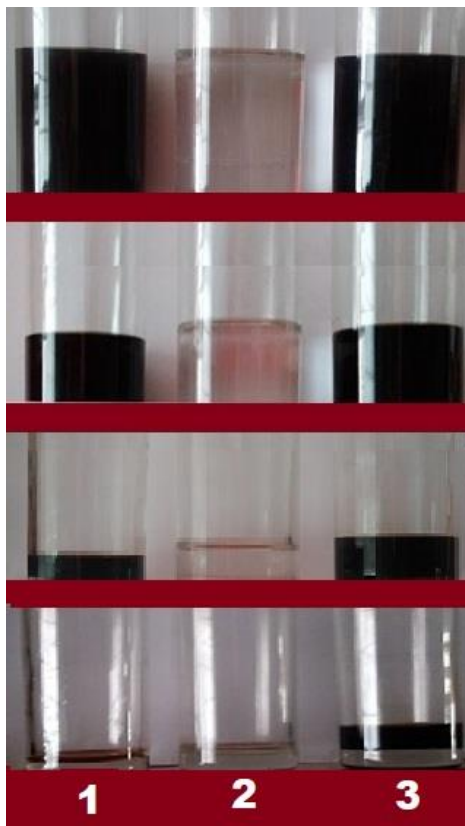


Figura.2. Desarrollo de la Actividad II en el tiempo.

El desarrollo de la acción va a tomar varias semanas (durante el primer trimestre escolar, por ejemplo) por lo que hay que asegurarse que esos tres vasos estén situados en un lugar en el que permanezcan aislados de cualquier incidencia. No importa que cambien las condiciones físicas (temperatura, luz, humedad o presión atmosférica) pues afectarán a las tres muestras de manera semejante. Además, la actividad puede realizarse en el laboratorio escolar pero también de forma individual por el alumnado en su casa. La larga duración de la actividad no implica ningún problema porque las medidas a realizar, igual que en la Actividad I, se hacen muy rápidamente,

y, en este caso, una sola vez por semana, por lo que no interrumpen ninguna otra acción escolar. Permite, además, que los cambios que se vayan observando intervengan en el desarrollo del proceso de aprendizaje basado en la argumentación y uso de pruebas.

En la disminución de volumen deberemos tener en cuenta la pérdida por salida de CO_2 y por evaporación de agua. Obviamente, lo primero no ocurrirá en el recipiente que sólo contiene agua, mientras que el segundo proceso ocurre en los tres. En este proceso de liberación de sustancias tenemos un primer impedimento cinético-molecular, que es la presencia sobre la superficie de los líquidos de las moléculas que forman el aire (N_2 y O_2 , fundamentalmente). Obviamente, esta situación es la misma para los tres recipientes.

Para diferenciar lo que sucede debemos tener presente los otros componentes en los respectivos líquidos. Nos centramos en la presencia de sacarosa, pues las otras sustancias están, en su caso, en muy baja concentración. Así, por ejemplo, un refresco de cola azucarado presenta una concentración de alrededor del 10 % en masa de sacarosa. Los no azucarados utilizan aditivos (ciclamato sódico, acesulfamo K o aspartamo) con poder edulcorante que va de unas 50 a 200 veces el de la sacarosa, lo que implica que están presentes en concentraciones que son mucho menores que la del disacárido. Por ello, y por obvia simplificación, diferenciaremos los tres casos por la presencia o no de sacarosa. La idea clave aquí es considerar que la presencia de este azúcar en la superficie líquida dificulta la salida de las moléculas de CO_2 y de H_2O , como lo harían hojas o plantas flotando en un estanque. En el refresco sin azúcar se producen las dos salidas sin “obstáculos”; en el que sólo contiene agua la disminución ocurre únicamente por la salida de moléculas de H_2O sin presencia de “obstáculos”; y en el refresco azucarado la presencia de sacarosa dificulta la salida de las dos sustancias que se liberan (CO_2 y de H_2O).

Con estas hipótesis de trabajo podemos hacer con el alumnado algunos debates iniciales que deberán ser corroboradas con las medidas sucesivas. Tres argumentaciones se abren paso como más plausibles:

- a) La mayor disminución en volumen ocurrirá en el refresco de cola sin azúcar, pues se produce la salida de dos sustancias (CO_2 y H_2O) “sin impedimentos añadidos” (en el vaso 2 solo sale agua, y en el tercero hay sacarosa en la superficie).
- b) El segundo razonamiento nos lleva a no tener totalmente claro que es lo que va a pasar en los recipientes 2 y 3 en buena parte del proceso. Si bien es cierto que la presencia de sacarosa en el 3 dificulta la evaporación de agua, hay también pérdida de volumen por salida de dióxido de carbono en este caso, que tiene un ritmo de liberación desde el disolvente mucho mayor que la del agua (a este respecto, según el nivel del que se trate se puede abordar esta cuestión desde la interacción entre moléculas polares y apolares). Será el resultado experimental el que nos permita valorar que proceso es más importante en este caso.
- c) La tercera consideración nos lleva a esperar que, a partir de cierto momento, el que presente el menor ritmo de disminución sea el refresco azucarado, pues habrá finalizado la salida de CO_2 y la concentración de sacarosa en la superficie aumenta según disminuye el volumen del líquido, dificultando más la salida de H_2O .

El resultado final desde un punto de vista visual ya lo podemos deducir a partir de la Figura 2. En efecto, podemos ver como el volumen disminuye más rápidamente en el vaso 1 y después en el vaso 3, pero a partir de cierto momento se ralentiza en este último el ritmo de pérdida de volumen. Por tanto, las consideraciones realizadas en el párrafo anterior responden bien a lo que

experimentalmente observamos, y parece, en particular, que el aumento progresivo de la concentración de sacarosa en la superficie del líquido del tercer vaso provoca que inexorablemente vaya disminuyendo el ritmo de liberación del CO₂ que aún queda en el líquido y el de la evaporación de agua. Hay que indicar, que cuando el proceso finaliza, quedará un poso oscuro en el primer vaso (los diferentes aditivos del refresco sin azúcar), nada en el segundo vaso, y una mezcla “almibarada” en el tercero.

El resultado de las medidas de las alturas en los tres vasos del líquido, tomadas semanalmente, nos proporciona una perspectiva más cuantitativa (Fig.3).

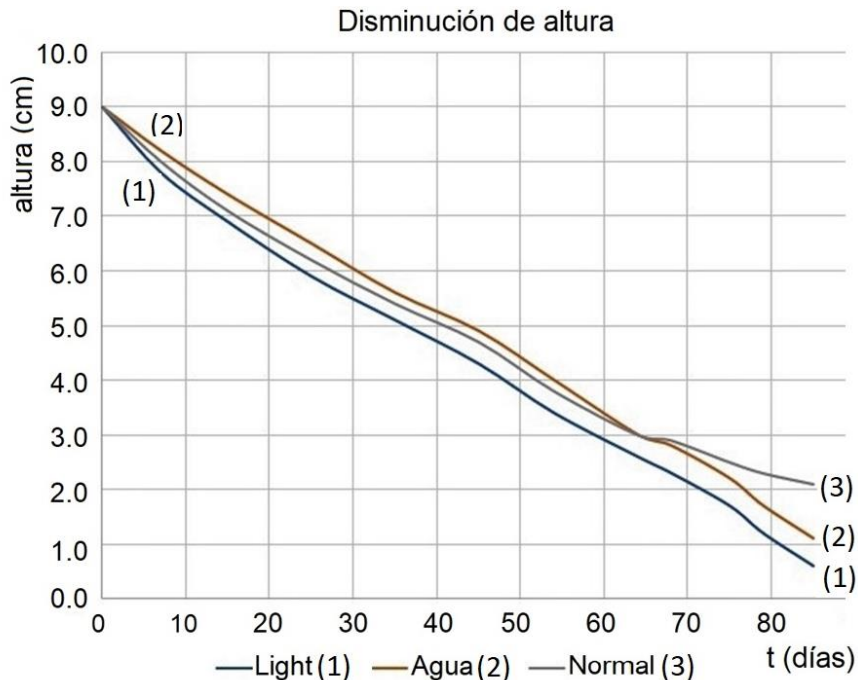


Figura.3. Pérdida de volumen en la Actividad II.

Vemos en la gráfica como en los dos vasos con refresco de cola (cola light y cola normal) se produce una tasa de disminución más acusada que en el que solo contiene agua. Este ritmo es más acentuado al principio por la salida del dióxido de carbono. Después de que la mayor parte de ese gas ha salido (a partir de la tercera semana) el proceso se mantiene casi lineal, con pequeñas oscilaciones debidas a los cambios de condiciones externas (temperatura y humedad, fundamentalmente), siendo este comportamiento prácticamente constante desde el inicio en el caso del vaso 2.

La progresiva disminución del volumen del líquido en el vaso 3 (cola con azúcar) produce el aumento de la concentración de sacarosa en su superficie lo que ralentiza la tasa de evaporación de agua. Eso provoca que el ritmo de disminución del volumen decrezca desde la semana 4, y a partir de la semana 9 (> 60 días) el nivel del líquido en el vaso 2 (el de agua), ya es inferior a la del vaso 3. Finalmente, entre la semana 12 y 13 (≈ 90 d), los vasos 1 y 2 ya han perdido toda el agua, mientras que el vaso 3 va a mantener un descenso muy lento hasta la formación de una mezcla de composición constante entre agua y sacarosa (una especie de almíbar, como ya se ha comentado).

4. EVALUACIÓN DE LA APLICACIÓN DE LA PRÁCTICA Y PRINCIPALES RESULTADOS

Las acciones aquí presentadas presentan una triple bondad didáctica: son muy sencillas de llevar a cabo, no presentan riesgos en su realización para el alumnado, y pueden ser ejecutadas tanto en el centro escolar como en los propios hogares de los estudiantes.

Naturalmente, el seguimiento de estas actividades es variado y el profesorado debe estar atento a que se mantenga la necesaria implicación a lo largo del tiempo. A fin de conseguir esa disposición positiva se pueden desarrollar las actividades bajo el soporte de una plataforma online (como Microsoft Teams, Google for Education, Edmodo ...) lo que incentiva el trabajo del alumnado y el control del proceso por parte del profesor o profesora. En el caso de la actividad realizada en el centro escolar, es efectivo que las alumnas y los alumnos responsables -en turnos previamente establecidos- consignen los resultados en una tabla y en una gráfica en el aula, de forma que sean visibles en todo momento por toda la clase. Esto permite al profesorado establecer pequeños debates cada cierto tiempo en relación a como se va desarrollando el proceso.

Es de especial interés la evaluación del grado de aprendizaje a partir de representaciones gráficas realizadas por el alumnado (modelización). En la Fig.4 se muestra un ejemplo de una de estas representaciones.

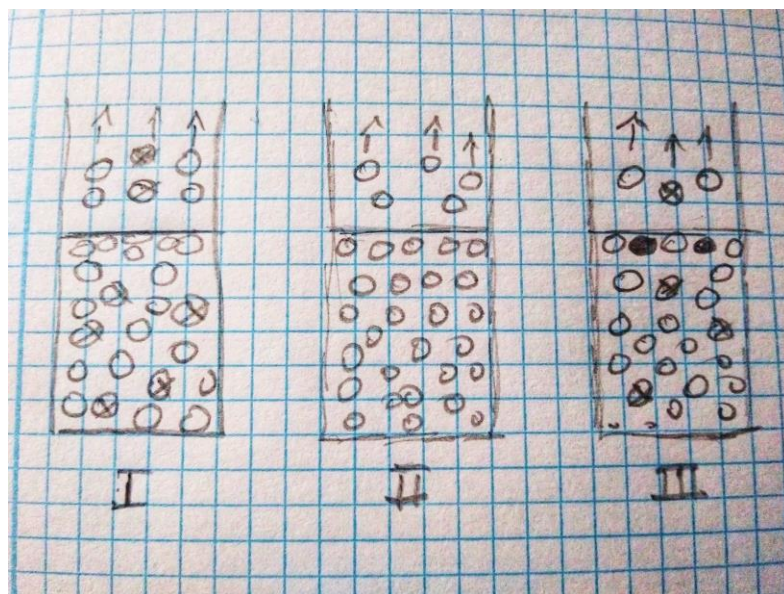


Figura.4. Ejemplo de la representación del proceso realizada por una alumna.

Muy importante en el desarrollo de estas actividades es la progresiva apropiación por parte del alumnado del lenguaje científico para las explicaciones requeridas (lo cual es general en cualquier acción procedimental de este tipo), pero que cobra una especial relevancia en este caso, dado que los estudiantes conectan de forma consciente el lenguaje descontextualizado (partículas, moléculas, átomos) con las realidades contextualizadas que están presentes en los fenómenos a explicar (cola, agua, gas, azúcar...). Se produce entonces la unión entre los contenidos abstractos y los objetos y sucesos concretos. Esta conexión es la que finalmente muestra la consecución del aprendizaje significativo pretendido.

Consideramos, por otra parte, que estas actividades, por su simplicidad, son muy interesantes en los cursos iniciales para que los estudiantes se acerquen a los principios básicos del trabajo práctico en Química, que en demasiadas ocasiones se suele vincular casi exclusivamente a acciones en un laboratorio y a la utilización de sustancias y dispositivos alejados de su cotidianidad. De otra parte, es evidente que esta acción nos permite evaluar la competencia del alumnado en los contenidos procedimentales y también su disposición actitudinal en relación con el trabajo experimental en ciencia.

Además, es conocido (Bueno Garesse, 2004) que este tipo de aproximaciones sencillas que pueden ser llevadas a cabo en casa de los estudiantes permiten apreciar fenómenos del contexto del alumnado, induciendo procesos de argumentación e indagación espontáneos y potenciando el razonamiento sobre la selección y métodos experimentales. Esto promueve, en definitiva, la creatividad y fomentan la observación y la práctica de procedimientos científicos en la dirección en las que esta acción se propone.

5. CONCLUSIONES E IMPLICACIONES

Como se ha señalado al comienzo de este artículo, la asimilación temprana de la visión cinético-molecular por parte del alumnado es muy importante a la hora de una correcta comprensión de muchos de los contenidos que se estudian en la Química en la enseñanza secundaria. Es cierto que se han hecho muchos esfuerzos didácticos tendentes a conseguir este objetivo, tanto desde descripciones basadas en analogías como a través de estrategias explicativas de diferentes contenidos conceptuales. Pensemos, por ejemplo, en las explicaciones que se dan del concepto de presión o el de temperatura en gases a partir del modelo cinético-molecular. Pero el gran problema epistemológico que aparece en la mayoría de estas propuestas proviene de considerar que el alumnado asume previamente que el escenario material que se les presenta está formado por partículas diminutas, y que ya entienden, como premisa previa, que la materia es discontinua.

Nuestra propuesta pretende a través de las actividades presentadas (I y II) que el alumnado “llegue a esa conclusión” a través de la argumentación, el uso de las pruebas y la modelización que se derivan de esas experiencias.

Es cierto que hemos hecho muchas aproximaciones con el fin de evitar complicaciones en los razonamientos, pero, como también se ha indicado al principio, los contenidos químicos que se explican en estos niveles de enseñanza están llenos de simplificaciones y reducciones que se asumen como necesarios ante la innegable dificultad que la Química presenta para el alumnado de secundaria. Además, no hay que escapar, en los razonamientos correspondientes a estas actividades, de los debates y discusiones que aparezcan por causa de esas aproximaciones. Esos debates serán también, sin duda, de gran ayuda para el aprendizaje que se pretende.

Finalmente, el hecho de que estas experiencias se extiendan en el tiempo, bastante más de lo que es habitual en las actividades experimentales convencionales, genera una situación que lejos de ser un inconveniente debe servir también de ayuda al mantener el debate durante mucho tiempo, pudiéndose trasladar el aprendizaje adquirido a otros contenidos de Química que van apareciendo a lo largo de ese tiempo.

REFERENCIAS

- Benarroch A. (2000). Del modelo cinético-corpúscular a los modelos atómicos. Reflexiones didácticas. *Alambique: Didáctica de las Ciencias Experimentales*, 23, 95-108. <https://www.grao.com/es/producto/del-modelo-cineticocorpuscular-a-los-modelos-atomicos-reflexiones-didacticas-al0236729>
- Bueno Garesse, E. (2004). Aprendiendo química en casa. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 1(1), 45–51. http://dx.doi.org/10.25267/Rev_Eureka_ensen_divulg_cienc.2004.v1.i1.04
- Caamaño A. (2011). Enseñar Química mediante la contextualización, la indagación y la modelización. *Alambique Didáctica de las Ciencias Experimentales*, 69, 21-34. <https://www.grao.com/es/producto/ensenar-quimica-mediante-la-contextualizacion-la-indagacion-y-la-modelizacion>
- Gentil C., Iglesias A., Oliva J. M. (1989). Nivel de apropiación de la idea de discontinuidad de la materia en alumnos de bachillerato. Implicaciones didácticas. *Enseñanza de las Ciencias*, 7(2), 126-131. <https://www.raco.cat/index.php/Ensenanza/article/view/51246>
- Glevitzky M., et al. (2005). Studies Regarding the variation of Carbon Dioxide in Certain Carbonated Beverages stored in Polyethylene Terephthalate Bottles. *Chem. Bull. Politehnica Univ. Timișoara*, 50 (64) 18-21. http://chemicalbulletin.upt.ro/admin/articole/69129art_5.pdf
- Ibáñez F., Gianna V. (2012). La teoría cinética molecular y el aprendizaje de la Química. *Educ. quím.*, 23(2), 208-211. [https://doi.org/10.1016/S0187-893X\(17\)30111-8](https://doi.org/10.1016/S0187-893X(17)30111-8)
- Jiménez Alexandre M. P., Puig B. (2013). El papel de la argumentación en la clase de ciencias. *Alambique. Alambique, Didáctica de las Ciencias Experimentales*, 75, 85-90. <https://www.grao.com/es/producto/el-papel-de-la-argumentacion-en-la-clase-de-ciencias-al07523500>
- Licciardello F., Coriolani C., Muratore G. (2011). Improvement of CO₂ retention of PET bottles for carbonated soft drinks. *Italian Journal of Food Science*, 115-117. https://www.researchgate.net/publication/260277890_Improvement_of_CO2_retention_of_PET_bottles_for_carbonated_soft_drinks
- Meroni G., Copello M., Paredes J. (2015). Enseñar química en contexto. Una dimensión de la innovación didáctica en educación secundaria. *Educación Química*, 26(4), 275–280. <https://doi.org/10.1016/j.eq.2015.07.002>
- Oliva J. M., Aragón M. M., Bonat M, Mateo J. (2003). Un estudio sobre el papel de las analogías en la construcción del modelo cinético-molecular de la materia. *Enseñanza de las Ciencias*, 21(3), 429–444. <https://www.raco.cat/index.php/Ensenanza/article/download/21949/21783/0>
- Zenit R, Rodríguez-Rodríguez J. (2018). The fluid mechanics of bubbly drinks. *Physics Today*, 71, 11, 44. <https://physicstoday.scitation.org/doi/10.1063/PT.3.4069>