

## **Diferencias en el aprendizaje de conceptos de física y química de 3º de ESO entre alumnado de centro rural y urbano.**

Simón Otero, Iria; Yebra Ferro, Miguel Ángel. Facultad de Biología, Universidad de Vigo.

Emails: [iriasimonotero@gmail.com](mailto:iriasimonotero@gmail.com), [yebrama@edu.xunta.es](mailto:yebrama@edu.xunta.es)

**Resumen:** El estudio de la naturaleza particular de la materia es un componente clave del currículo de la educación formal en ciencia, que tiene repercusiones no solo en la materia de física y química sino también en el resto de las ciencias (Özmen, 2013). De cara a alcanzar un aprendizaje significativo, la secuencia de enseñanza empleada debe tener en cuenta las concepciones alternativas del alumnado (Furió-Más, Domínguez-Sales, & Guisasola, 2012). Sin embargo, dado que dichas concepciones alternativas dependen de la propia experiencia del alumnado, estas serán distintas en alumnos/as con contextos distintos. En este trabajo se evaluó el proceso de enseñanza-aprendizaje entre dos muestras de alumnado en contextos distintos (de un centro rural y otro urbano) comparando los resultados de un cuestionario realizado antes y después de la intervención educativa. En este se evaluaron los conceptos de átomo, elemento y compuesto químico, masa molecular y mol. En los resultados previos a la intervención los centros partían de distintas competencias académicas. Al término de la intervención ambos centros mostraron una clara mejoría con los resultados iniciales. Si bien la mejora respecto al cuestionario inicial fue distinta para cada centro, en los resultados finales ambos resultaron al mismo nivel de competencia académica, validando la estrategia enseñanza-aprendizaje para ambos contextos educativos.

**Palabras clave:** concepciones alternativas, átomo, elemento y compuesto químico, masa molecular, mol.

### **Introducción**

En las últimas décadas los estudios apuntan a una pérdida de interés por parte del alumnado hacia la asignatura de física y química. Esta pérdida de interés se debe en parte a la poca conexión entre la asignatura y la vida diaria del alumnado así como a la metodología empleada en el aula (Aikenhead, 2003). Sin embargo, esta reciente desilusión por la física y la química también está relacionada con las dificultades que

presentan los alumnos a la hora de cursar la asignatura (Lorenzo, 2005). Entre las principales dificultades que afronta el alumnado al cursar la materia de física y química se encuentran las carencias en el desarrollo de operaciones formales y una baja capacidad para visualizar conceptos abstractos (Özmen, 2013). La capacidad de abstracción e intuición en química resulta crucial dado que de los tres niveles implicados en esta (macroscópico, submicroscópico y simbólico), solo podemos observar directamente el nivel macroscópico (Harrison & Treagust, 2000). La comprensión de las interacciones y diferencias de estos tres niveles resulta esencial para conseguir un aprendizaje significativo en química (Rahayu & Kita, 2010). Además, distintas revisiones del estudio de la química en el instituto, describen la habilidad de representar la materia a nivel particular como un componente clave en el estudio no sólo de la química sino de otras ciencias recogidas en la enseñanza secundaria obligatoria (Bouwma-Gearhart, Stewart, & Brown, 2009; Gabel, Samuel, & Hunn, 1987).

En concreto en el curso de 3º de ESO, los alumnos estudian los conceptos de átomo, elemento y compuesto químico, masa molecular (nivel submicroscópico de la química) y mol (nivel simbólico). La completa comprensión de dichos conceptos resulta clave para explicar reacciones y fenómenos químicos, relaciones estequiométricas y cambios de estado y leyes de los gases (Gabel et al., 1987). Aunque en la educación formal no se introducen estos conceptos hasta dicho curso, el alumnado cuenta con modelos mentales o explicaciones propias generadas a partir de sus propias experiencias, es lo que se conoce como concepciones alternativas (Harrison & Treagust, 1996). Dichas concepciones alternativas deben tenerse en cuenta a la hora de elaborar una intervención educativa con el objetivo de conseguir un aprendizaje significativo, es decir, la secuencia enseñanza aprendizaje debe tener un enfoque constructivista (Harrison & Treagust, 2000).

El objetivo de este trabajo es analizar los resultados del proceso de enseñanza-aprendizaje de los conceptos de átomo, elemento y compuesto químico, masa molecular y mol en alumnos de física y química de 3º ESO. Para ello se realizará un cuestionario inicial de ideas alternativas, se aplicará una intervención educativa especialmente diseñada y se repetirá el cuestionario al final de la intervención. Además, se estudiarán las diferencias en el aprendizaje entre alumnado de un centro urbano y otro rural.

## **Material y Métodos**

### Muestra:

El presente estudio de concepciones alternativas se llevó a cabo con alumnado de 3°. En total participaron 73 alumnos/as, 36 pertenecientes al centro urbano y 37 al centro rural.

El alumnado del centro urbano que participó en el estudio formaba parte de dos clases distintas, 3° ESO C y 3° ESO D, con 18 alumnos/as cada una. Estos dos grupos muestran fuertes diferencias de comportamiento y atención. El grupo de 3° C cuenta con alumnos que se distraen con facilidad y que muestran mal comportamiento. Cabe destacar que este grupo cuenta con 4 alumnos repetidores, así como 2 alumnos extranjeros que se incorporaron recientemente al centro. En general los resultados académicos de este grupo son bajos, ya que el 65% del alumnado de este grupo suspende entre 3-4 asignaturas y el 48% suspende más de 4 asignaturas. En el grupo de 3° D tanto el nivel de atención como el comportamiento en clase son más positivos. En este grupo no hay alumnado repetidor y en cuanto a los resultados académicos el 33% del alumnado suspende entre 3-4 asignaturas y solo el 5% suspende más de 4.

En cuanto al alumnado del centro rural formaban parte de las clases de 3° ESO A y 3° ESO B, con 16 y 21 alumnos/as respectivamente. En el grupo de 3° A uno de los alumnos/as es repetidor y en cuanto a los resultados académicos el 12% del alumnado suspende entre 3-4 asignaturas y el 47% suspende más de 4. En el grupo de 3° B el 9% del alumnado suspende entre 3-4 asignaturas y el 52% suspende más de 4 aunque no hay alumnos/as repetidores en el aula.

### Cuestionario inicial y final:

Para evaluar las concepciones alternativas del alumnado se llevó a cabo un cuestionario inicial formado por diez preguntas (anexo I). Entre las preguntas del cuestionario se incluyeron los conceptos de átomo, masa molecular, elementos y compuestos químicos (tanto conceptual como diferenciación de los mismos mediante gráficos) y el uso de fracciones y relaciones. Si bien no se incluyó cuestiones del concepto de mol directamente, se decidió emplear cuestiones de fracciones y relaciones para evaluar indirectamente este contenido, ya que un buen manejo de estas operaciones resulta esencial para resolver actividades del mol.

Para la evaluación del cuestionario se empleó una rúbrica evaluando cada cuestión con muy bien (MB), bien (B), regular (R), mal (M) o no sabe o no contesta (NS/NC). Para evaluar el proceso de enseñanza-aprendizaje, se realizó un cuestionario final igual al inicial (anexo I) y se compararon los resultados obtenidos en ambos.

Para el análisis y representación de resultados se emplearon los programas Microsoft Excel y R Studio.

### Intervención educativa:

Con el objetivo de mejorar la comprensión del alumnado se desarrolló una intervención educativa con un enfoque constructivista.

Las sesiones de clase se basaron en una interacción continua alumnado-profesor, en la que antes de presentar los contenidos se le preguntaba al alumnado que ideas tenían. Para llevar a cabo las sesiones se empleó una presentación power point como recurso principal. Además, se emplearon recursos como modelos atómicos, experiencias manipulativas y aplicaciones web como las descritas en García 2013 para introducir el mol (García, 2013).

En total se realizaron 4 actividades y se emplearon 6 sesiones.

#### **Actividad 1: El mol. Introducción a los factores de conversión (anexo II).**

Esta actividad se realizó en clase empleando el cañón para visualizar el enunciado. En ella el alumnado trabaja el cálculo con fracciones empleando factores de conversión empleando una unidad ficticia llamada mol. Con esta actividad se introducen los conceptos de cantidad de materia y masa molar y se refuerzan las operaciones matemáticas necesarias para realizar ejercicios de estequiometría posteriormente.

**Actividad 2: Práctica de laboratorio. El peso del mol (anexo III).** En esta práctica de laboratorio el alumnado llevará a cabo un trabajo colaborativo en grupos, es decir, cada grupo trabajará con un reactivo, pero los resultados deben ser compartidos e incluidos en el informe por todo el alumnado. El objetivo es que cada grupo calcule la masa molar del compuesto dado sin indicaciones de la profesora. Para ello se les dotará de 1,5 moles del compuesto dado y del material de laboratorio necesario. Tras calcular la masa molar y corregirla, deberán compartir los resultados en unidades de masa molar (g/mol) y molecular (uma) para el resto de grupos. Por

último, deberán pesar 0.8 mol del compuesto dado cuyo procedimiento deberán deducirlo por si mismos (consultando con la profesora antes de llevar a cabo la estrategia). Los resultados del peso de las 0,8 moles, también se corregirán y compartirán para el resto de grupos. La evaluación de esta actividad será mediante la entrega de un informe de práctica individual, en el que además de objetivo, procedimiento y resultados, los alumnos deben calcular las masas molares de forma experimental y comparar el resultado teórico con el suyo experimental. Con esta actividad, además de comprender los conceptos de mol y masa molar, el alumnado aplica procedimientos científicos y aprende el material de laboratorio. Además, esta actividad fomenta valores de colaboración y trabajo en grupo, así como el espíritu emprendedor y la toma de decisiones.

**Actividad 3: Resolución de problemas de masa molar (anexo IV).** Durante esta actividad los alumnos realizarán tres problemas en los que se deben aplicar los conceptos de masa molar. Con ella se ejercitan los cálculos basados en factores de conversión aplicando el concepto de masa molar. Además, el alumnado trabajará su comprensión lectora y síntesis de información, necesaria para reconocer los cálculos y pasos a seguir necesarios en la resolución de problemas.

**Actividad 4: Laboratorio virtual (anexo V).** En esta actividad el alumnado calculó la masa molar de distintos compuestos empleando un simulador de laboratorio ([http://www.educaplus.org/gases/con\\_cantgas.html](http://www.educaplus.org/gases/con_cantgas.html)). Para ello, el enlace web presenta una báscula, matraces Erlenmeyer con una cantidad conocida de moles de distintos reactivos y un matraz Erlenmeyer vacío. Tras conocer la masa molar los alumnos/as debían calcular número de moléculas y átomos totales y entregar una ficha (anexo V) para su evaluación individual.

Las actividades se realizaron en clase y de manera colaborativa (en grupos o parejas) y se evaluaron mediante la producción individual de cada alumno empleando rúbricas. Cada actividad se calificó con un máximo de 1 punto.

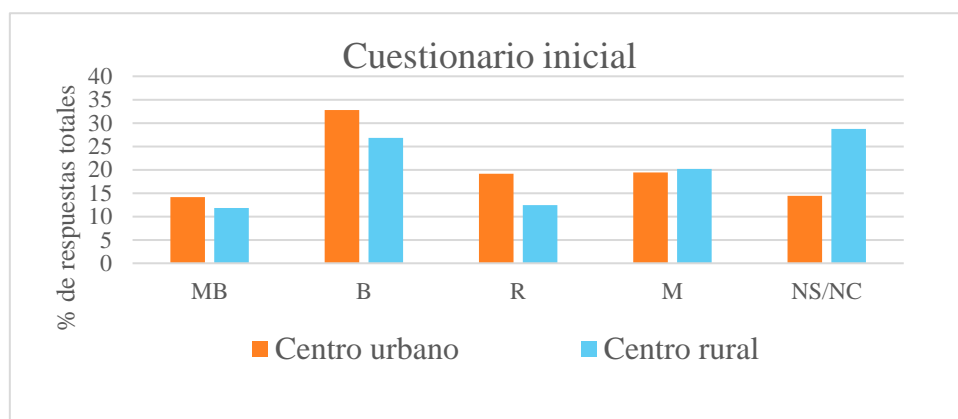
## **Resultados**

### Cuestionario inicial:

En los resultados de ambos centros el 30% de las respuestas totales (730 en total) fueron de tipo bien (B). De esta primera prueba destaca el gran número de

preguntas en blanco, siendo el 22% de las respuestas totales, seguido por un 20% de respuestas incorrectas (M). Las respuestas regular (R) constituyeron el 16% de las respuestas totales y por último las muy bien (MB) fueron el 13%.

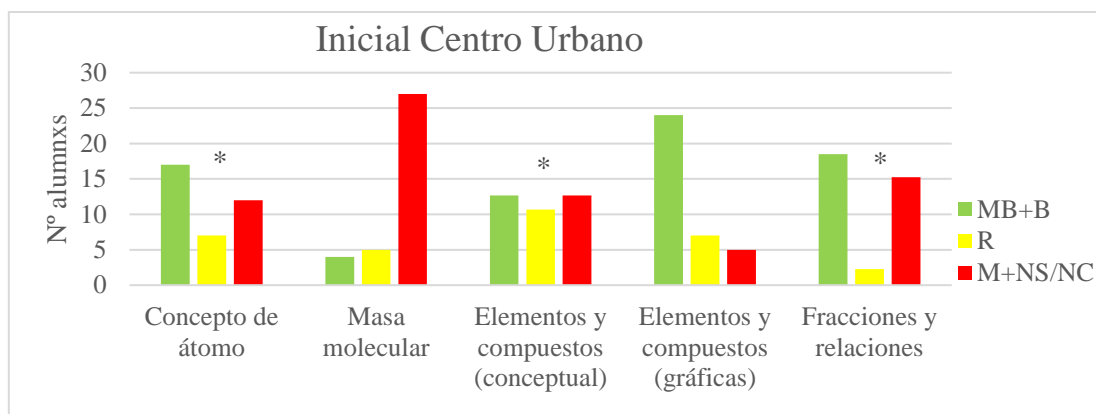
Al desglosar estos resultados por centro se observa que para ambos el resultado más frecuente es B, con un 33% de respuestas en el centro urbano y un 27% en el centro rural (Fig. 1). Las respuestas obtenidas en ambos centros muestran distribuciones similares, encontrándose las mayores diferencias en el número de respuestas en blanco (14% de las respuestas del centro urbano frente al 29% de las respuestas del centro rural) y las respuestas regular (19% de las respuestas en el centro urbano y 12% en el centro rural). Las respuestas del cuestionario inicial fueron significativamente diferentes entre los centros.



**Figura 1. Resultados del cuestionario inicial para ambos centros.**

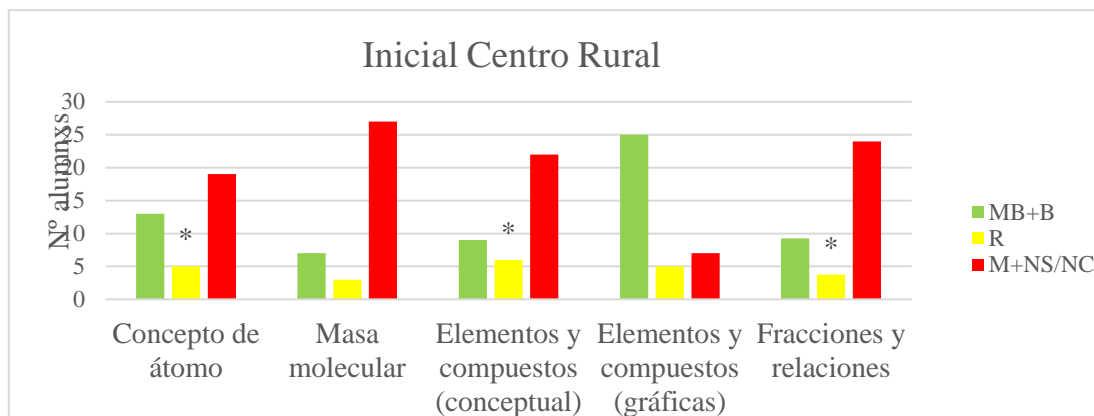
Para evaluar los resultados por contenido, se agrupó los resultados MB y B y los resultados M y NS/NC. Para ambos centros las preguntas con mayor número de respuestas MB+B son las que corresponden a elementos y compuestos químicos empleando gráficos, habiendo contestado bien esta pregunta 24 alumnos/as del centro urbano (Fig. 2) y 25 alumnos/as del centro rural (Fig.3). Ambos centros también coinciden en que la pregunta con mayor número de respuestas negativas (M+NS/NC) fue la relacionada con masa molecular, obteniendo 27 respuestas incorrectas tanto en el centro rural como en el urbano (Fig. 2 y 3). Al comparar los resultados entre los centros, se obtuvo que existen diferencias significativas entre las respuestas de los contenidos de concepto de átomo, elementos y compuestos conceptuales y fracciones y relaciones (marcadas con asteriscos en figs. 2 y 3).

En el centro urbano sólo la pregunta de masa molecular muestra mayor número de respuestas incorrectas que correctas (Fig. 2). Las preguntas de elementos y compuestos planteadas conceptualmente muestran el mismo resultado de preguntas correctas que incorrectas (13 cada una). Son ligeramente superiores las respuestas correctas asociadas a preguntas de concepto de átomo (17 respuestas MB+B frente a 12 M+NS/NC) y preguntas de fracciones y relaciones (19 MB+B frente a 15 M+NS/NC).



**Figura 2. Resultados del cuestionario inicial por contenido para el centro urbano. Los asteriscos muestran diferencias significativas entre los centros.**

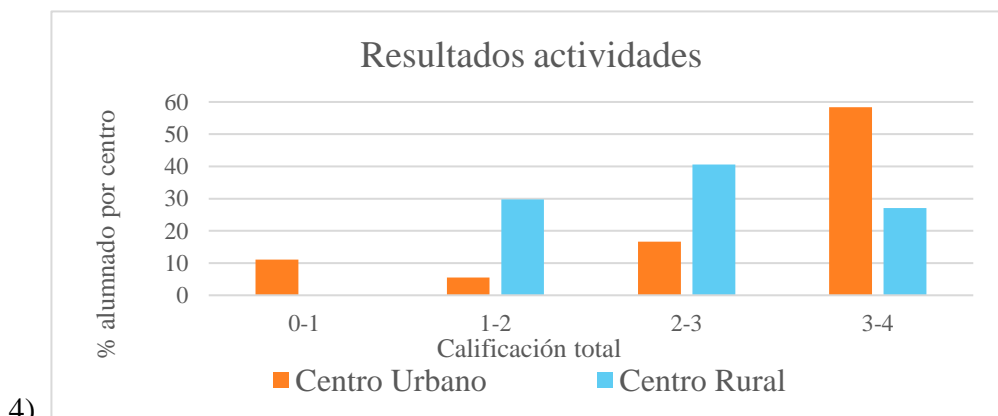
En cuanto al centro rural la mayoría de las preguntas obtuvieron mayor número de respuestas incorrectas que correctas (Fig. 3). La pregunta que muestra mayor diferencia entre el número de respuestas correctas e incorrectas es la asociada a masa molecular, con 27 respuestas M+NS/NC y 7 respuestas MB+B (Fig. 3). También se obtuvieron más respuestas incorrectas en las preguntas de fracciones y relaciones (24 respuestas M+NS/NC frente a 9 MB+B) y elementos y compuestos conceptual (22 respuestas M+NS/NC frente a 9 MB+B). El mayor número de respuestas correctas se registró en las preguntas de elementos y compuestos empleando gráficos, con 25 respuestas MB+B frente a 7 respuestas M+NS/NC (Fig. 3).



**Figura 3. Resultados del cuestionario inicial por contenido para el centro rural. Los asteriscos muestran diferencias significativas entre los centros.**

#### Resultados de la intervención educativa:

Los resultados obtenidos en las actividades fueron muy positivos para ambos centros. Más del 40% del alumnado obtiene entre 3 y 4 puntos en total de las cuatro actividades (puntuación máxima 4 puntos) y el 30% obtiene entre 2 y 3 puntos. Al desglosar los resultados por centros se observa una ligera diferencia en las distribuciones de notas, pero los resultados de ambos centros son satisfactorios (Fig.



4).

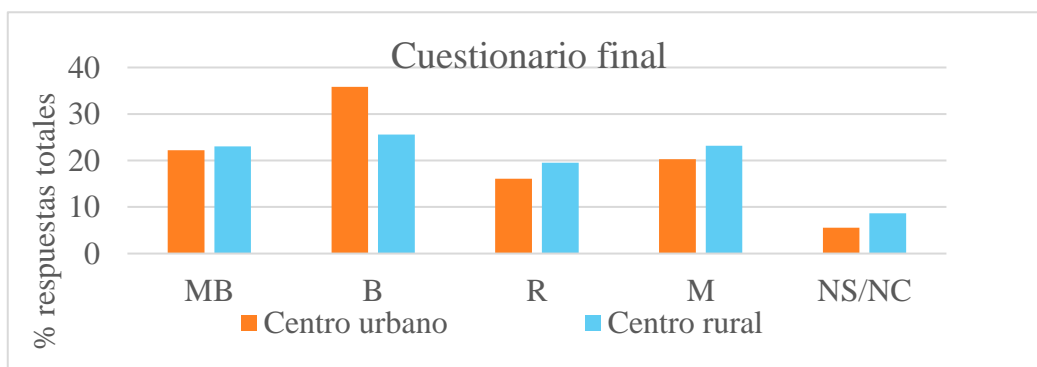
**Figura 4. Calificaciones de las actividades realizadas para ambos centros.**

#### Cuestionario final:

En el cuestionario realizado al término de las sesiones, el mayor número de respuestas obtenidas fueron de tipo bien (31% de las respuestas totales) seguidas de las respuestas tipo MB (23% de las respuestas totales). Las respuestas M fueron el 22% de las respuestas seguidas de las R con un 18%. Las preguntas en blanco bajaron hasta el 7%.



Desglosando los datos por centro se observa que las respuestas B representan un 36% de las respuestas del centro urbano y un 26% de las respuestas del centro rural (Fig. 5). La siguiente respuesta más frecuente en ambos centros es la MB, con 22% de las respuestas en el centro urbano y 23% en el centro rural. Ambos centros obtuvieron más respuestas M que R siendo un 16% de las respuestas R y un 20% respuestas M en el centro urbano, 20% de R y 23% de M en el centro rural (Fig. 5). El número de preguntas en blanco fue muy bajo en ambos centros, representando el 6% de las respuestas del centro urbano y el 9% de las respuestas del centro rural (Fig. 5). Las diferencias en las respuestas de cada centro no fueron significativas.

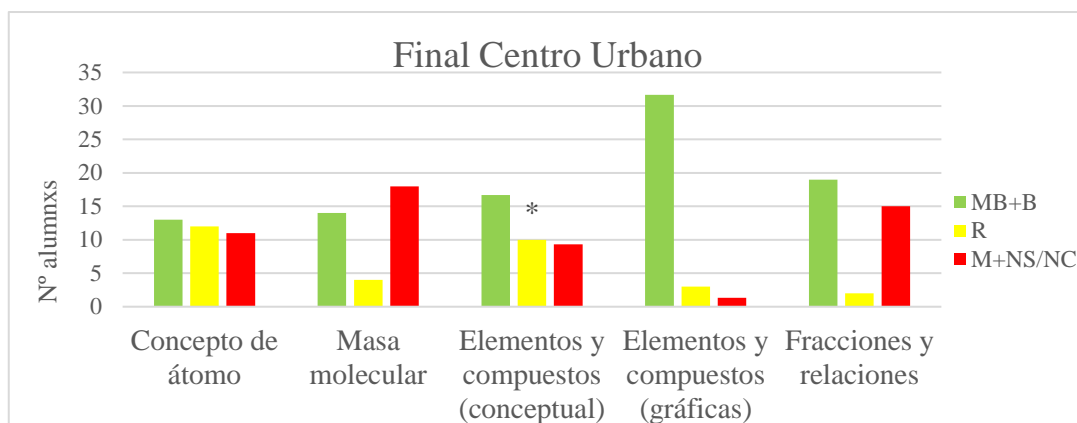


**Figura 5. Resultados del cuestionario final para ambos centros.**

Al igual que para el cuestionario inicial, las respuestas en función del tipo de pregunta se agruparon como MB+B, R y M+NS/NC. Para ambos centros, las preguntas con mayor número de respuestas positivas y mayor diferencia entre el número de respuestas positivas y negativas, son aquellas referidas a elementos y compuestos químicos empleando gráficas (Fig. 6 y 7). Por lo general se registraron mayor número de respuestas correctas que incorrectas en ambos centros, exceptuando la pregunta de masa molecular en el centro urbano (Fig. 6) y las preguntas de concepto de átomo y elementos y compuestos químicos conceptuales en el centro rural (Fig. 7). Al comparar los resultados de cada centro se obtuvieron diferencias significativas en las respuestas del contenido elementos y compuestos conceptual (Fig. 6 y 7).

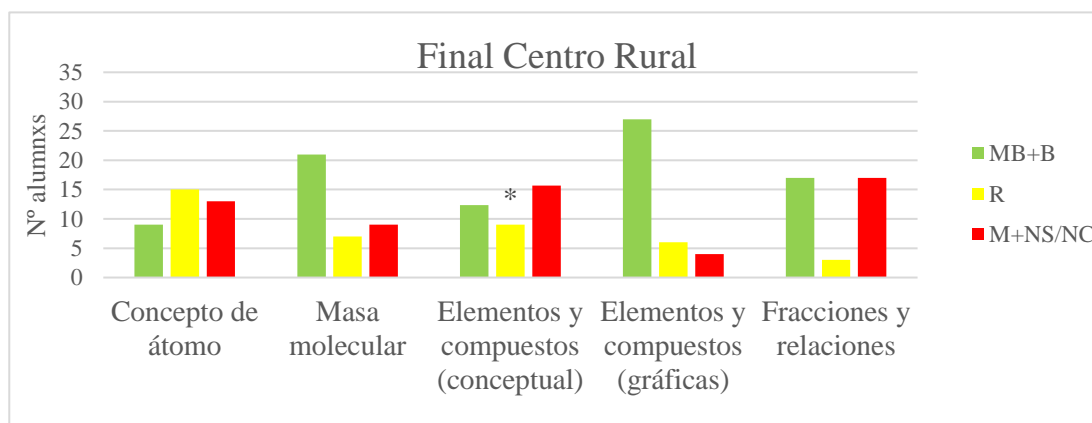
Para el centro urbano, todos los tipos de preguntas obtuvieron mayor número de respuestas positivas que negativas excepto la pregunta de masa molecular (Fig. 6). Las preguntas de concepto de átomo y fracciones y relaciones mostraron poca diferencia entre el número de respuestas MB+B y respuestas M+NS/NC. Sin embargo, la pregunta de concepto de átomo obtuvo un número similar de respuestas R, mientras que las preguntas de fracciones y relaciones las respuestas R solo representan el 2%

de las respuestas totales (Fig. 6). Los resultados más positivos se obtuvieron en las preguntas de elementos y compuestos químicos, destacando el número de respuestas de las preguntas gráficas (32% de respuestas MB+B en las preguntas gráficas frente a 17% en las conceptuales).



**Figura 6. Resultados del cuestionario final por contenido para el centro urbano. Los asteriscos muestran diferencias significativas entre los centros.**

En el centro rural las preguntas con mayor porcentaje de respuestas MB+B fueron las de masa molecular y elementos y compuestos químicos empleando gráficas (Fig. 7). Las preguntas de fracciones y relaciones obtuvieron el mismo número de respuestas MB+B y M+NS/NC con un número muy bajo de respuestas R (3%). En las preguntas de elementos y compuestos conceptuales y en concepto de átomo las respuestas M+NS/NC fueron superiores a las MB+B (16% M+NS/NC, 12% MB+B y 13% M+NS/NC, 9% MB+B respectivamente). Destaca que para la pregunta de concepto de átomo la respuesta más habitual es la R (15% de las respuestas totales), mientras que para el resto de preguntas esta respuesta es muy baja (Fig. 7).

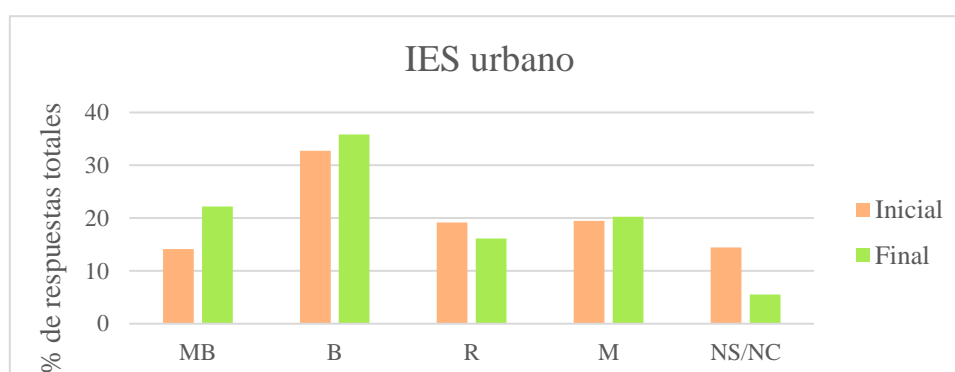


**Figura 7. Resultados del cuestionario final por contenido para el centro rural. Los asteriscos muestran diferencias significativas entre los centros.**

### Diferencia inicial-final:

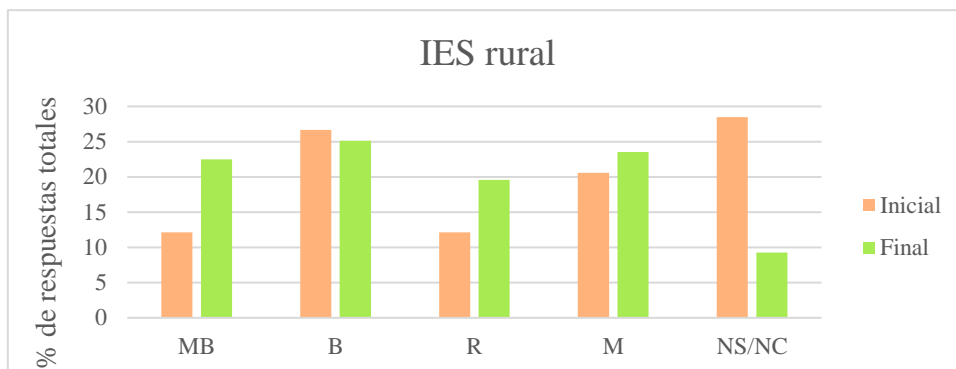
Teniendo en cuenta los resultados de ambos centros, las mayores diferencias entre el cuestionario inicial y final se registraron en el número de respuestas MB y respuestas en blanco. Las respuestas MB pasaron de un 13% de las respuestas totales a un 23% mientras que las respuestas en blanco disminuyeron del 22% al 7%. El resto de respuestas mostraron un ligero aumento pasando del 30 al 31% las de tipo B, del 16 al 18% las R y del 20 al 22% las M.

En cuanto al centro urbano se aprecia una mejora en el resultado final con respecto al inicial (Fig. 8). Tanto las respuestas de tipo MB como B aumentaron su porcentaje en el cuestionario final (de 14 a 22% y de 33 a 36% respectivamente). Además, las respuestas R y NS/NC disminuyeron en el cuestionario final (de 19 a 16% y de 14 a 6% respectivamente). Sin embargo, las respuestas M aumentaron ligeramente en el cuestionario final, pasando del 19 al 20% de las respuestas totales (Fig. 8). Para el centro urbano las diferencias en las respuestas entre el cuestionario inicial y final fueron significativas.



**Figura 8. Diferencia resultados iniciales y finales IES urbano.**

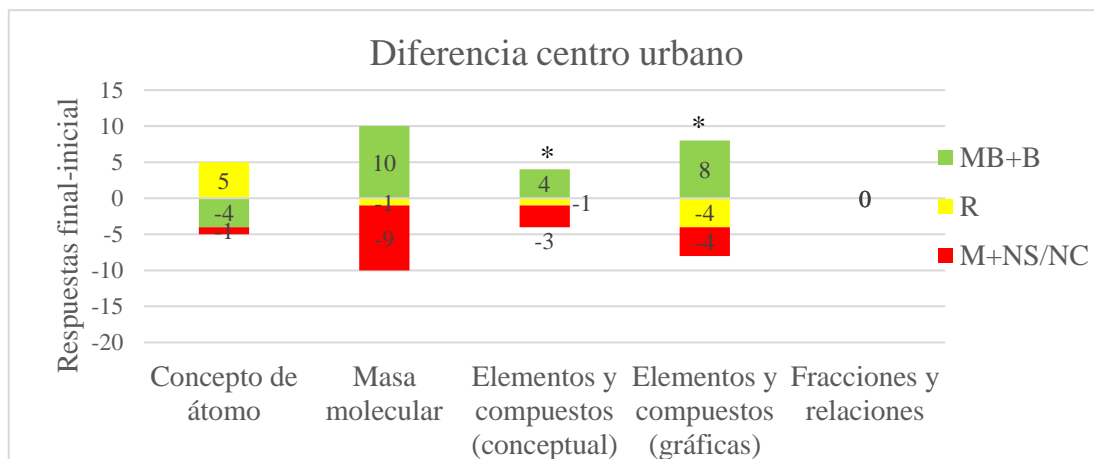
En el centro rural aumentaron el número de respuestas MB, R y M en el cuestionario final, pasando de 12 a 23%, de 12 a 20% y de 20 a 23% respectivamente (Fig. 9). Cabe destacar la gran disminución de las preguntas en blanco, pasando de un 29% en el cuestionario inicial a un 9% en el final. Por último, las respuestas B mostraron una ligera disminución pasando del 27 al 26% de las respuestas totales (Fig. 9). Para el centro rural las diferencias en las respuestas entre el cuestionario inicial y final fueron significativas.



**Figura 9. Diferencia resultados iniciales y finales IES rural.**

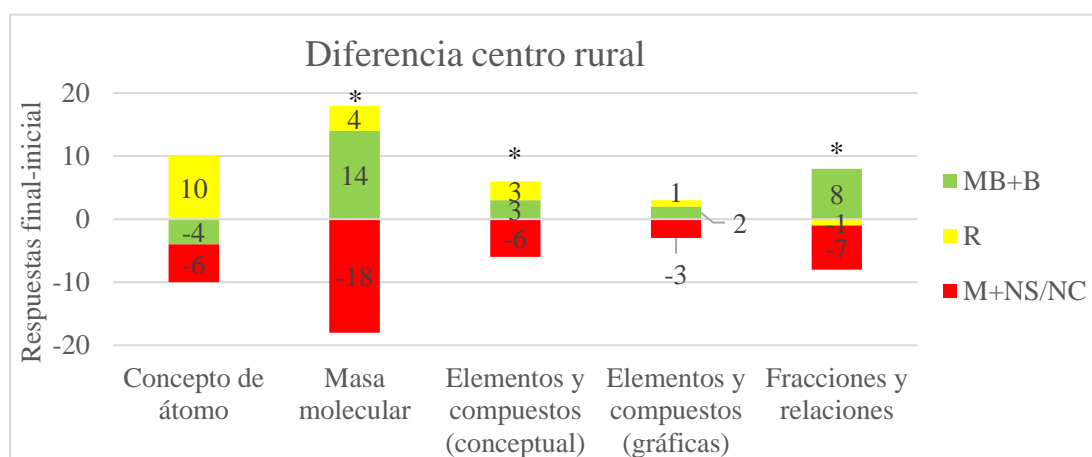
Al analizar los resultados por contenidos (Fig. 10 y 11) se observa que para ambos centros aumentaron el número de respuestas MB+B (diferencia positiva) y disminuyeron las respuestas M+NS/NC (diferencias negativas) para todos los contenidos trabajados en las actividades. Para ambos centros el contenido que más mejoró los resultados (mayor aumento de respuestas MB+B asociado a una mayor disminución de respuestas M+NS/NC) fue el de masa molecular (Fig. 10 y 11). El único contenido en el que no se aprecia una mejora clara es el de concepto de átomo, único contenido que no fue trabajado durante las actividades. Si bien disminuyeron las respuestas M+NS/NC, también lo hicieron las respuestas MB+B (Fig. 10 y 11).

En los resultados del centro urbano el contenido que más aumentó el número de respuestas MB+B y más disminuyó las respuestas M+NS/NC fue el de masa molecular (Fig. 10). Sin embargo, los resultados de este contenido no mostraron diferencias significativas respecto al cuestionario inicial. Los contenidos de elementos y compuestos químicos, tanto expresados conceptualmente como mediante gráficas, mostraron una clara mejoría (aumento de respuestas MB+B y disminución de respuestas M+NS/NC) destacando que las diferencias respecto al cuestionario inicial son significativas (Fig. 10). En cuanto a las preguntas de fracciones y relaciones no mostraron ninguna diferencia con los resultados del cuestionario inicial (Fig. 10). El contenido de concepto de átomo (el cual fue trabajado con una metodología tradicional sin emplear actividades) fue el único que mostró una disminución de las respuestas MB+B, sin embargo, las diferencias con el cuestionario inicial no son significativas (Fig. 10).



**Figura 10. Diferencias resultados finales respecto a iniciales por contenidos en el centro urbano. Los asteriscos muestran diferencias significativas.**

Para el centro rural la disminución de preguntas M+NS/NC es mayor que la del IES Eduardo Blanco Amor excepto para el contenido de elementos y compuestos químicos empleando gráficas (Fig. 11). En el contenido de concepto de átomo, el cual se trabajó con metodología tradicional, si bien las respuestas MB+B disminuyeron igual que en el centro urbano, las respuestas M+NS/NC disminuyeron en mayor proporción que en el centro urbano (Fig. 11). Además, destaca el gran aumento de respuestas MB+B y disminución de respuestas M+NS/NC en la pregunta de masa molecular (Fig. 11). Por último, en las preguntas de fracciones y relaciones si que se aprecia una mejoría respecto al cuestionario inicial (Fig. 11). Todos los contenidos mostraron diferencias significativas entre los resultados del cuestionario inicial y final excepto los contenidos de concepto de átomo y elementos y compuestos químicos empleando gráficas (Fig. 11).



**Figura 11. Diferencias resultados finales respecto a iniciales por contenidos en el centro rural. Los asteriscos muestran diferencias significativas.**

## **Discusión:**

Dado que para los resultados del cuestionario inicial los centros mostraron diferencias significativas, puede considerarse que estos parten de distintos niveles de competencia académica.

Al desglosar los resultados por concepto, se acepta que los centros parten del mismo nivel o bien comparten ideas alternativas en los conceptos de masa molecular y elementos y compuestos químicos (al expresar las preguntas gráficamente), ya que sus distribuciones no muestran diferencias significativas entre los centros. Sin embargo, en los conceptos de átomo, elementos y compuestos químicos (conceptualmente) y fracciones y relaciones, los centros parten de niveles de competencia académica distintos, dado que sus respuestas muestran diferencias significativas.

Al término de la intervención educativa, ambos centros pueden considerarse al mismo nivel de competencia académica, puesto que los resultados en el cuestionario final no mostraron diferencias significativas entre los centros.

Las diferencias significativas entre los resultados del cuestionario inicial y del final de cada centro (Figs. 8 y 9), unido a las elevadas calificaciones obtenidas en las actividades (Fig. 4), demuestran la intervención educativa realizada como válida y satisfactoria para ambos contextos.

Al desglosar los resultados por contenidos, se observa que todos los contenidos trabajados en las actividades e impartidos con una metodología constructivista participativa muestran una clara mejora con respecto al cuestionario inicial (aumento de las respuestas MB+B y disminución de las M+NS/NC). Cabe destacar que el único contenido trabajado con una metodología tradicional (concepto de átomo) mostró una disminución en las respuestas MB+B del cuestionario final de ambos centros, aunque las diferencias con el cuestionario inicial de este contenido no fueron significativas para ninguno de los centros (Figs. 10 y 11).

Al comparar los resultados por centro, se observa que el centro urbano no mejoró los resultados de fracciones y relaciones con respecto al cuestionario inicial. Además, aunque los resultados de masa molecular mejoraron, estos no mostraron

diferencias significativas respecto al cuestionario inicial (Fig. 10). El centro rural mostró una mejoría mayor en todos los contenidos que la experimentada por el centro urbano, excepto para el contenido de elementos y compuestos químicos empleando gráficas. Sin embargo, para este contenido el centro rural no mostró diferencias significativas con respecto al cuestionario inicial (Fig. 11).

## **Conclusiones:**

Los centros urbano y rural partían de niveles de competencia académica distinta.

Tras la intervención educativa, ambos centros mostraron el mismo nivel de competencia académica.

La metodología empleada en la intervención educativa se probó más satisfactoria que la metodología tradicional para ambos contextos.

La secuencia enseñanza-aprendizaje mostró deficiencias en el contenido de fracciones y relaciones para el contexto urbano. En cuanto al contexto rural mostró deficiencias en el contenido de elementos y compuestos químicos empleando gráficas.

## **Referencias bibliográficas**

- Aikenhead, G. (2003). Chemistry and Physics instruction: Integration, ideologies, and choices. *Chemistry Education: Research and Practice*, 4(2), 115–130. <https://doi.org/10.1039/b2rp90041f>
- Bouwma-Gearhart, J., Stewart, J., & Brown, K. (2009). Student misapplication of a gas-like model to explain particle movement in heated solids: Implications for curriculum and instruction towards students' creation and revision of accurate explanatory models. *International Journal of Science Education*, 31(9), 1157–1174. <https://doi.org/10.1080/09500690902736325>
- Furió-Más, C., Domínguez-Sales, M. C., & Guisasola, J. (2012). Diseño e implementación de una secuencia de enseñanza para introducir los conceptos de sustancia y compuesto químico. *Enseñanza de Las Ciencias*, 30(1), 113–128.
- Gabel, D. L., Samuel, K. V., & Hunn, D. (1987). Understanding the particulate nature of matter. *Journal of Chemical Education*, 64(8), 695. <https://doi.org/10.1021/ed064p695>

- García, L. I. (2013). A vueltas con el mol: estrategias para explicar e introducir el concepto en secundaria. *Anales de La Real Sociedad Española de Química*, 109(3), 209–212. Retrieved from [http://www.rseq.org/documentos/doc\\_download/552-pag209-212-vol9-03](http://www.rseq.org/documentos/doc_download/552-pag209-212-vol9-03)
- Harrison, A. G., & Treagust, D. F. (1996). Secondary students' mental models of atoms and molecules: Implications for teaching chemistry. *Science Education*, 80(5), 509–534. [https://doi.org/10.1002/\(SICI\)1098-237X\(199609\)80:5<509::AID-SCE2>3.0.CO;2-F](https://doi.org/10.1002/(SICI)1098-237X(199609)80:5<509::AID-SCE2>3.0.CO;2-F)
- Harrison, A. G., & Treagust, D. F. (2000). Learning about atoms, molecules, and chemical bonds: A case study of multiple-model use in grade 11 chemistry. *Science Education*, 84(3), 352–381. [https://doi.org/10.1002/\(SICI\)1098-237X\(200005\)84:3<352::AID-SCE3>3.0.CO;2-J](https://doi.org/10.1002/(SICI)1098-237X(200005)84:3<352::AID-SCE3>3.0.CO;2-J)
- Lorenzo, M. (2005). The development, implementation, and evaluation of a problem solving heuristic. *International Journal of Science and Mathematics Education*, 3(1), 33–58. <https://doi.org/10.1007/s10763-004-8359-7>
- Özmen, H. (2013). A Cross-National Review of the Studies on the Particulate Nature of Matter and Related Concepts. *Eurasian Journal of Physics and Chemistry Education*, 5(2), 81–110.
- Rahayu, S., & Kita, M. (2010). An Analysis of Indonesian and Japanese Students' Understandings of Macroscopic and Submicroscopic Levels of Representing Matter and its Changes. *International Journal of Science and Mathematics Education*, 8(4), 667–688. <https://doi.org/10.1007/s10763-009-9180-0>



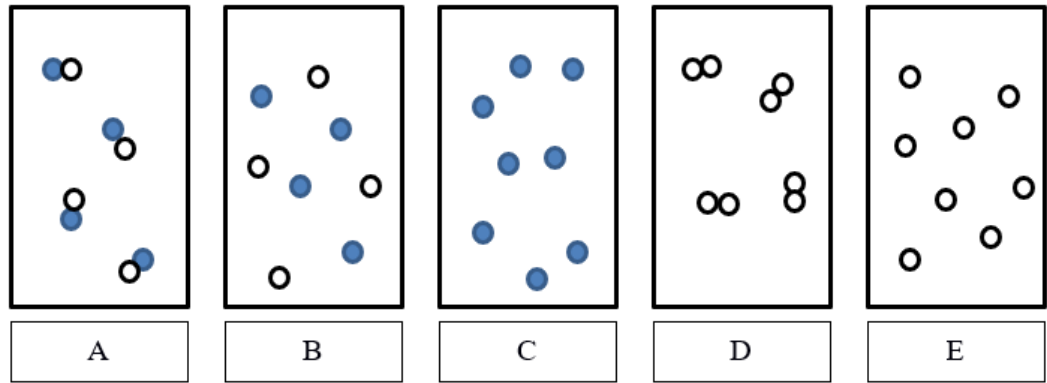
## Anexos

### Anexo I. Cuestionario inicial-final:

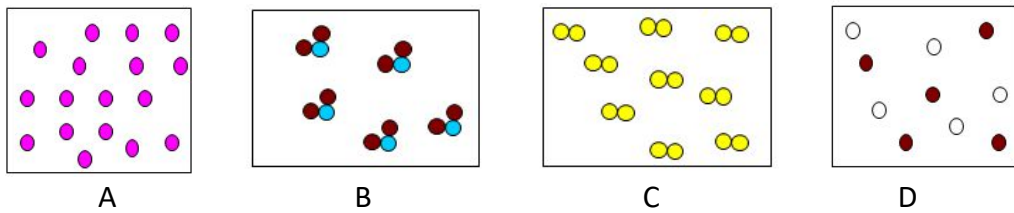
NOMBRE:.....FECHA.....IES.....CURSO:.....  
...

1. ¿Qué es para ti un átomo?
2. ¿Qué es para ti un elemento químico? ¿Y un compuesto químico?
3. ¿Cuál es la diferencia entre masa atómica y masa molecular?
4. ¿Cómo calcularías la masa molecular del ácido clorhídrico (HCl)? ¿Y la del agua (H<sub>2</sub>O)?
5. Un alumno está estudiando las propiedades de un elemento desconocido "X". Estos son los resultados de sus experimentos:
  - A temperatura ambiente "X" es un sólido blanco.
  - Funde a 200°C.
  - Se disuelve en agua originándose una disolución incolora.
  - Cuando funde aparece más de un producto.
  - Cuando se calienta en presencia de aire forma un óxido blanco.Como resultado de estas pruebas el alumno concluye que "X" no es un elemento. ¿Apoyan los datos esta conclusión? ¿Por qué?
6. Para hacer 6 pasteles entre los ingredientes que se necesitan son 60 huevos y 1200 gramos de harina:
  - a) Indica el número de huevos y gramos de harina que se requieren para elaborar 2 pasteles.
  - b) Indica la relación (fracción) que hay entre los gramos de harina y el número de huevos para elaborar 6 pasteles.
  - c) Indica la relación (fracción) que entre los gramos de harina y número de huevos que se requieren para elaborar 2 pasteles.
7. La masa de una naranja es 4 veces mayor que la masa de la mandarina. La masa de un balón es 10 veces mayor que la masa de una pelota de tenis.
  - a) ¿Cuántas veces es mayor la masa de doce naranjas que la de doce mandarinas?
  - b) ¿Cuántas veces es mayor la masa de doce balones que la de doce pelotas de tenis?

8. En la siguiente figura se muestran 5 recipientes cerrados. Las esferas negras y blancas representan átomos diferentes.
- ¿En qué caja/cajas hay elementos?
  - ¿En cuál hay una mezcla de elementos?
  - ¿En cuál hay un compuesto?



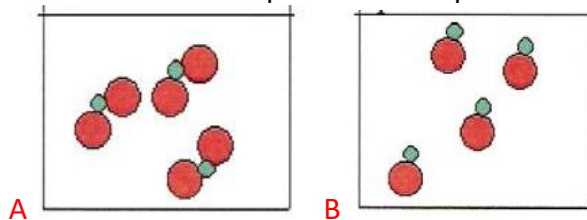
9. De las siguientes representaciones de materia di cuales son elementos y cuales compuestos razonando porqué:



a) elementos:

b) compuestos:

10. ¿Son iguales las moléculas de los siguientes dibujos? ¿Podemos decir que son el mismo compuesto? ¿Por qué?



## Anexo II: Actividad 1

Un agricultor decide inventarse una unidad nueva para agilizar la venta de legumbres. Le llama NOL de algo la cantidad de ese algo que contiene exactamente 60 UNIDADES (1 NOL = 60 unidades)

Así por ejemplo si un nol de habas son 60 habas, un mol de pipas son .....

De acuerdo con lo anterior, realiza las siguientes conversiones:

- a) 3 noles de garbanzos contienen ..... garbanzos.
- b) 300 granos de arroz equivalen a ..... noles de arroz.
- c) ¿Qué masa tiene un nol de soja si se sabe que en 1 kg hay 1500 granos de soja?
- d) 0.5 noles de habas contienen .....habas.
- e) 90 lentejas equivalen a .....noles de lentejas.
- f) ¿Qué masa tiene un nol de habas blancas sabiendo que 594 habas blancas equivalen a 1 kg?

## Anexo III: Actividad 2. Práctica de laboratorio: El peso del mol.

**Objetivo: determinar la masa molar de distintos compuestos de forma experimental.**

**Material:** balanza analítica, vidrio reloj, vaso de precipitados, embudo, varilla de vidrio, espátula, frasco lavador, probeta, pipeta y cuentagotas.

### **Reactivos:**

Mesa 1: Carbonato cálcico ( $\text{CaCO}_3$ )

Mesa 2: Cloruro de sodio ( $\text{NaCl}$ )

Mesa 3: Agua ( $\text{H}_2\text{O}$ ). Densidad 1,00 g/ml

Mesa 4: Etanol ( $\text{C}_2\text{H}_6\text{O}$ ). Densidad 0,79 g/ml

Mesa 5: Agua oxigenada ( $\text{H}_2\text{O}_2$ ). Densidad 1,45 g/ml

### **Experimento:**

Encima de la mesa disponéis de 1,5 moles de una sustancia determinada (cada grupo trabajará con una sustancia distinta). Conociendo el peso del vaso de precipitados que lo contiene (apuntado con rotulador en él) debéis diseñar y aplicar un método para:

- a) Calcular la masa molar y molecular del compuesto
- b) Pesar 0,8 moles del mismo

### **Procedimiento:**

1. Debatir entre vuestro grupo que vais a hacer para determinar la masa molar y molecular y hacer los cálculos necesarios: 5 minutos
2. Pesar 0,8 moles: 10 minutos
3. Corregir los resultados entre todos y anotar los resultados del resto de los grupos.

### **Informe:**

Debéis entregar un informe (individual) en el que se incluyan los siguientes apartados:

1. Objetivo de la práctica
2. Reactivos y material empleado (sólo el que usasteis). El material debe ir acompañado de un pequeño dibujo.
3. Explicación del procedimiento. La explicación debe ser detallada (PASO A PASO). Aquí debéis incluir las decisiones tomadas por el grupo, así como los cálculos realizados y los pasos seguidos. Se valorará positivamente emplear vocabulario científico (por ejemplo, pipetear, tarar la balanza analítica, etc.)
4. Resultados. Debéis indicar el resultado de masa molar y el peso de los 0,8 moles, no solo de vuestro reactivo sino de los de todos los grupos (para ello revisaremos los resultados durante la sesión de laboratorio). Los resultados pueden presentarse en una tabla.
5. Utilizando la tabla periódica calcula la masa molar de los reactivos utilizados. Si hay diferencias entre estos valores y los calculados experimentalmente indica a que crees que se deben.

### Anexo IV: Actividad 3. Problemas de masa molar.

4.1 Un cangrejo ermitaño puede soportar una concha de hasta 5 moles. Sabiendo que las conchas están formadas por carbonato cálcico ( $\text{CaCO}_3$ ) determina cuál de las siguientes conchas será capaz de soportar el cangrejo:

- a) concha de 490 gramos
- b) concha de 549 gramos
- c) concha de 600 gramos

4.2 Un moderno chef ha descubierto que la ensalada perfecta debe tener 0,8 moles de vinagre (ácido acético). Empleando la fórmula del ácido acético ( $\text{CH}_3\text{COOH}$ ) calcula a cuantos gramos equivale. Sabiendo que su densidad es 1,049 g/ml expresa el resultado en ml.

4.3 Un levantador de pesas es capaz de levantar 50 kg. Determina si será capaz de levantar las pesas formadas por:

- a) 500 moles de Fe
- b) 500 moles de Al
- c) 500 moles de Pb

## Anexo V: Actividad 4: Laboratorio virtual

Actividades: [http://www.educaplus.org/gases/con\\_cantgas.html](http://www.educaplus.org/gases/con_cantgas.html)

1.- Rellena los datos con la ayuda del simulador ()

	H <sub>2</sub>	CH <sub>4</sub>	Cl <sub>2</sub>	I <sub>2</sub>
moles				
masa matraz vacío				
masa matraz + gas				
masa sólo gas				
masa molar				

2.- Redacta un pequeño informe explicando la estrategia que has seguido para realizar las pesadas.

3.- ¿Cuántas moléculas hay en cada matraz?

	número de moléculas
matraz vacío	
matraz con 15 mol de H <sub>2</sub>	
matraz con 8.3 mol de CH <sub>4</sub>	
matraz con 6.8 mol de Cl <sub>2</sub>	
matraz con 1.5 mol de I <sub>2</sub>	

4.- ¿Cuántos átomos hay en cada matraz?

	número de átomos totales
matraz vacío	
matraz con 15 mol de H <sub>2</sub>	
matraz con 8.3 mol de CH <sub>4</sub>	
matraz con 6.8 mol de Cl <sub>2</sub>	
matraz con 1.5 mol de I <sub>2</sub>	

5.- ¿Cuál es el matraz que contiene más hidrógeno?

	átomos de H
matraz con 15 mol de H <sub>2</sub>	
matraz con 8.3 mol de CH <sub>4</sub>	