

Concepciones de los profesores acerca del concepto mol*

*Saida Matute*¹, *Tarcisio Capote*²

Universidad Centroccidental Lisandro Alvarado, Venezuela

*Yenny Montilla*³

Universidad Pedagógica Experimental Libertador, Venezuela

Recibido: 28 de enero de 2014

Aceptado: 25 de febrero de 2014

Teachers' conceptions about the mole concept

Palabras clave:

Concepciones, Concepto de mol, Enseñanza de la química.

Resumen

Este estudio analiza las concepciones del concepto de mol que tienen los docentes que administran la asignatura de química a nivel de bachillerato del municipio Bruzual-Yaracuy (periodo escolar 2012-2013). La muestra está representada por sesenta docentes que respondieron la encuesta. Los resultados indican que la mayoría de ellos tienen buena información en relación con el átomo y masa atómica de un elemento. En lo que se refiere al mol, como se atribuye su significado a la unidad individual de masa, de porción de sustancia y de número de partículas (número de Avogadro), se detecta que no tienen conocimiento de la definición que le dio la Iupac, lo que induce a pensar su desconocimiento acerca de dicha definición.

Key words:

Conceptions, Mole's concept, Chemistry teaching.

Abstract

This study analyzes the conceptions of the term "mole" according to Chemistry teachers in Secondary school in the municipality of Yaracuy Bruzual (School year 2012-2013). The sample is represented by sixty teachers who responded to the survey. The results indicate that most of them have good information regarding atom and atomic weight of an element. With regard to the term "mol", it was determined that they lack of knowledge on the definition given by Iupac, since its meaning is related to the individual unit of mass, portion of substance and number of particles (Avogadro's number).

Referencia de este artículo (APA): Matute, S., Capote, T. & Montilla, Y. (2014). Concepciones de los profesores acerca del concepto mol. En Revista *Educación y Humanismo*, 16(27), 106-123.

* Este artículo está vinculado al proyecto de investigación Estrategias, Concepciones y Representaciones Mentales, de las universidades Centroccidental Lisandro Alvarado y Pedagógica Experimental Libertador de Venezuela.

1 Universidad Centroccidental Lisandro Alvarado (Venezuela). Decanato de Agronomía. smatute@ucla.edu.ve osaidamatute@hotmail.com

2 Universidad Centroccidental Lisandro Alvarado (Venezuela). tcapote@ucla.edu.ve

3 Universidad Pedagógica Experimental Libertador-Barquisimeto (Venezuela). yennynereida.montilla@gmail.com

Introducción

Desde finales de la década de los 70 se ha destacado en la literatura la dificultad en la resolución de problemas estequiométricos mediante el uso del concepto mol (Dierks, 1981), concepto esencial en el estudio de la química, no solo en la estequiometría sino en otros contenidos: el equilibrio químico, rapidez de reacción.

En tal sentido, se destaca que el significado del concepto mol, es esencial en el desarrollo de la naturaleza atómico-molecular de la materia, y en particular para fundamentar los cambios sustanciales que ocurren en las reacciones químicas.

En la actualidad la comunidad científica ha considerado al mol como una de las siete unidades fundamentales para expresar la cantidad de sustancias. Unidad esta que según la propia Unión Internacional de Química Pura y Aplicada (Iupac, 2008), Mills y otros (1993) y en investigaciones como la de Furió, Azcona y Guisasola (2002) han señalado que los profesores no tienen un claro significado de este concepto.

En consecuencia, los estudiantes tienen dificultad para la comprensión de dicho concepto; que surge precisamente por la instrucción insuficiente, por la estrategia de enseñanza inadecuada o por las concepciones erradas de los profesores sobre el concepto mol. En este sentido, si en la enseñanza resulta confuso el concepto, y además se hacen transposiciones erróneas del significado de la magnitud de cantidad de sustancia, es muy posible que existan incomprensiones y errores conceptuales en el aprendizaje.

En concordancia con lo anterior, Furió, Azcona y Guisasola (1999) señalan que el fracaso generalizado en el aprendizaje del concepto mol y de cantidad de sustancia se suele atribuir a la falta de conocimiento sobre el tema, aun cuando su estudio es prerrequisito para el aprendizaje de otros contenidos, tales como masa atómica, masa molecular, concentraciones de soluciones en unidades químicas, entre otros.

Ante lo anteriormente expuesto algunos investigadores señalan que el mol presenta ciertas complicaciones en su comprensión (puesto que implica la habilidad para relacionar lo concreto con lo abstracto, lo del mundo macroscópico con lo del mundo atómico), que se manifiestan en los propios profesores a la hora de administrar el proceso de enseñanza y aprendizaje de la química en la educación básica.

Es importante resaltar que el Programa de Química del noveno grado en el tema “naturaleza discontinua de la materia” incluye tres aspectos relativos al mol: el mol, unidad fundamental de la materia, masa molar de los elementos y masa de un mol de moléculas, los cuales algunos profesores omiten enseñarlos en ese nivel.

Por experiencia de los autores, los profesores que administran la asignatura de Química a nivel de bachillerato en el municipio Bruzual, estado Yaracuy (Venezuela), presentan ciertas dificultades a la hora de impartir el concepto mol, porque la mayoría de ellos son técnicos universitarios, quienes durante su formación no recibieron una

instrucción relacionada con la historia de la química, y, por lo tanto, desconocen el origen y la evolución histórica de estos conceptos; esto concuerda con lo que dicen Furió, Azcona y Guisasaola (2002), que el profesorado que administra la asignatura de Química Básica secundaria y media desconoce el desarrollo histórico de los conceptos mol y cantidad de sustancia.

De lo antes expuesto, se afirma que el profesor tiene un entendimiento inadecuado e insuficiente del concepto, así como de la relación entre los de cantidad de sustancias y mol, además del poco conocimiento de otros conceptos que debe relacionar con el mol, como: volumen, masa, número de moles, número de partículas, molaridad, número de Avogadro y volumen molar.

Además, y según la experiencia de los autores, como estos profesores no transmiten este contenido, se tiene consecuentemente la falta de conocimientos sobre conceptos de elementos químicos, número atómico, masa atómica, estado de oxidación, peso, fórmulas y compuestos químicos que son prerequisites para el aprendizaje de los estudiantes, tales como: a) la distinción entre mezcla y compuesto o los conceptos de *átomo* y *molécula*; b) la dificultad intrínseca de los propios conceptos de mol y cantidad de sustancia, incluyendo el carácter ambiguo de la expresión cantidad de sustancia y la atribución de diversos significados a la palabra mol.

En concordancia con lo anterior, y dada la importancia que tiene la enseñanza del contenido

de mol en la asignatura de Química, se plantea la siguiente interrogante: ¿Qué conocimientos poseen los docentes que administran la asignatura de Química sobre el concepto mol?

Para responder a tal interrogante se plantean los siguientes objetivos:

Objetivo general

Analizar las concepciones sobre el concepto mol que tienen los docentes del bachillerato que administran la asignatura de Química del municipio Bruzual, Chivacoa estado Yaracuy (Venezuela).

Objetivos específicos

- a) Diagnosticar las ideas sobre el mol que tienen los docentes del bachillerato que administran la asignatura de Química.
- b) Determinar las concepciones sobre el mol que tienen los docentes del bachillerato que administran la asignatura de Química.

Antecedentes

Entre los diferentes estudios relacionados con dichas investigación, cabe mencionar a Furió, Azcona y Padilla (2005), quienes realizaron una investigación sobre visiones deformadas de la ciencia en la enseñanza universitaria de los conceptos de cantidad de sustancia y mol. En dicha investigación participaron veintitrés profesores universitarios de Química; de los cuales quince eran mexicanos y ocho españoles. Los resultados permitieron concluir que la enseñanza universitaria es completamente histórica y proble-

mática debido a que los profesores desconocen el origen del concepto mol; en general se puede decir que tienen una carencia de temas relativos a la historia y la evolución de este concepto y de otros más relacionados.

Los resultados de este estudio resultan fundamentales para dicha investigación, puesto que se observa que las concepciones de los docentes sobre el concepto mol desde el punto de vista histórico, así como su origen y evolución, presentan un desconocimiento del contexto histórico y epistemológico, que da lugar a deficiencias o confusión del significado, ocurre al identificar el mol con una masa o con un cierto número de partículas de gas, o bien al considerar que el mol es una propiedad de una molécula, entre otros.

Por su parte, López y Vivas (2009) realizaron un estudio sobre las preconcepciones en los cambios físicos y químicos de la materia en alumnos de noveno grado, de la Institución Educativa de la zona central de Mérida, estado Mérida, Venezuela. Los resultados permitieron concluir que los estudiantes poseen un conjunto de ideas previas bajo la estructura de preconcepciones y conviven con las relaciones que se establecen en el contexto de la explicación científica de cada situación planteada, a pesar de la escolarización previa, pues son las que han logrado formar a través de la experiencia de acuerdo con las oportunidades e intereses particulares que ha tenido cada uno de ellos. Esta es la condición que los docentes deben tomar en cuenta como punto de partida en su planificación, para lograr

mayor efectividad en la aplicación de estrategias de enseñanza-aprendizaje de las ciencias naturales en general.

Basándose en las consideraciones anteriores, es preciso resaltar que los aportes de los diferentes autores no solamente ofrecen información significativa para la presente investigación, por las repercusiones que trae, sino que también refiere a las ideas previas que tienen los profesores respecto a los conceptos cantidad de sustancia y mol; incluyendo el carácter ambiguo de la expresión cantidad de sustancia y la atribución de diversos significados a la palabra mol y las metodologías utilizadas en su enseñanza.

Fundamentación de la investigación

Las bases teóricas que sustentan la presente investigación se plantean de acuerdo con el siguiente orden: proceso de enseñanza y aprendizaje, aprendizaje significativo de Ausubel, concepción del profesor de Química sobre el concepto mol.

Proceso de enseñanza-aprendizaje

En relación con este proceso, desempeñan un papel protagónico dos elementos básicos: el profesor y el alumno. Le corresponde al profesor ser el responsable de la formación integral de los educandos, al utilizar técnicas, métodos, recursos y estrategias que estimulen el pensamiento, creativo e intuitivo en el alumno; y lo que se refiere a los alumnos, son más interactivos y flexibles en el proceso de la enseñanza, sujeto del propio aprendizaje, al propiciar una orienta-

ción activo-transformadora hacia el conocimiento (González, 1989).

Del mismo modo, los profesores, a pesar de que poseen conocimientos adquiridos desde el proceso de formación tanto en la disciplina profesional como en el conocimiento pedagógico, deben construir sus concepciones a partir de sus conocimientos previos mediante variadas estrategias y recursos que faciliten la comprensión de los conocimientos científicos por los alumnos.

Sin embargo, sobre la base de las consideraciones anteriores, el profesorado desconoce algún tema de química como, por ejemplo, el carácter evolutivo del concepto mol desde su contexto original de indagación hasta su significado actual acorde con las recomendaciones de la comunidad científica internacional, lo que trae como consecuencia cierta concepción no aceptada en relación con dicho concepto, que de alguna u otra forma repercute en el aprendizaje del alumnado.

Concepciones de los profesores sobre el concepto mol

Las concepciones se refieren al conjunto de ideas que poseen los seres humanos para la interpretación de los fenómenos naturales, y que están en contradicción con lo establecido en las teorías, principios y leyes del conocimiento científico o paradigmas predominantes en el medio académico (Velasco & Garritz, 2003; Moreira & Greca, 2003).

Morales (1999) menciona que las concepciones son creencias, ideas, conceptos, preconcep- tos y percepciones que la gente tiene, y que usa para interpretar las realidades, comportamientos y juicios de valor, y acercarse a situaciones y actuaciones.

Estas visiones alternativas de la interpretación del mundo natural se les ha nombrado de diversas formas: ideas intuitivas, ciencia de los niños, representaciones de los alumnos, preconcepciones, concepciones, concepciones alternativas, ideas de los niños, razonamiento espontáneo, representaciones, y errores conceptuales (Cubero, 1994; Velasco & Garritz, 2003).

En este estudio se emplea el término concepción, que se define como la existencia de una idea que le permite a un sujeto interpretar un proceso o fenómeno, pues cuenta, al menos, con otra idea alterna entre las que elige conscientemente la que considera como la mejor explicación (Williams, 2008).

Se escogió esta opción, porque realmente se conocen las ideas e interpretaciones que posee el profesor que administra la asignatura de Química del bachillerato en relación con el concepto mol, su origen y evolución histórica.

Es importante resaltar que las percepciones que tienen los profesores acerca de algún tópico en particular son difíciles de cambiar; sin embargo, se puede defender la idea, pero para ello es necesario que el profesor se sienta insatisfe-

cho con lo que piensa acerca de lo que hace, que considere alternativas útiles para su transformación y que tenga alguna noción de cómo hacer la conexión entre sus concepciones previas y los postulados actuales aplicables a la educación (Cubero, 1994; Velasco & Garritz, 2003).

De todo lo antes expuesto, los profesores tienen sus propios esquemas conceptuales y han elaborado sus propias teorías (teorías alternativas) para explicar cómo funciona el mundo (o, al menos, “su mundo”). Se llega a la conclusión de que el proceso de aprendizaje científico debe consistir en cambiar estas ideas previas por los conceptos que manejan los científicos (Bruner, Goodnow, Austin, 1978; Vygotsky, 1979), lo que significa que deben manejar los conceptos a través de un lenguaje químico, en el caso de las asignaturas científicas.

Sobre el concepto mol en relación con las concepciones que tienen los profesores, un porcentaje de respuesta es erróneo ya que discrepa de la definición de la Iupac (2008), lo que se traduce que existe un aprendizaje superficial del concepto. Además, se señala que el mol tiene que ver solamente con moléculas y no con átomos, y que el término cantidad de sustancia en la definición de mol tiene significado de masa constante (Krishnan & Howe, 2004).

Los profesores deben de enseñar la magnitud “cantidad de sustancia”; aclarar la diferencia entre cantidad de sustancia, masa, volumen y número de partículas; realizar también ejercicios

de cálculo de masas molares y de su aplicación para el cálculo de cantidad de sustancia a partir de la masa. Familiarizar al alumno con la constante de Avogadro, realizar presentación de masas relativas de objetos comunes y, por último, la resolución de problemas estequiométricos para que los estudiantes a través de esos conocimientos previos adquieran un aprendizaje más significativo del concepto mol.

Aprendizaje significativo de Ausubel

Ausubel (1980) ha propuesto una teoría de aprendizaje, que se conoce universalmente como aprendizaje significativo. Es por ello que se considera que en el aprendizaje significativo existe una interacción entre el nuevo conocimiento y el ya existente, en la cual ambos se modifican en la medida en que el conocimiento previo sirve de base para el significado a la nueva información.

Según Ausubel, el aprendizaje significativo es una manera de obtener el aprendizaje con significado, en donde se le comprenda y pueda darle sentido dentro de un contexto real. Este autor considera que se debe relacionar la nueva información que recibe el estudiante con sus conocimientos previos y de manera pertinente y estable, que responda a sus necesidades e intereses. Con dicha premisa se logra tanto conocer la funcionalidad de lo que se aprende como actualizar los esquemas de conocimiento vinculados con la situación en donde sean útiles. El significado de la información propone una constante revisión, modificación y enriquecimiento mediante nuevas conexiones y relaciones, para así garantizar su uso y comprensión.

Por otro lado, Ausubel determina las características del aprendizaje significativo, de manera que logra identificar algunos de sus aspectos fundamentales, así como sus ventajas; a saber:

1. Para los seres humanos es menos difícil aprender un aspecto diferenciado de un todo más amplio de lo aprendido, que formularlo a partir de sus componentes diversos a comprender.
2. La organización del contenido de un material en particular en la mente de un individuo, consiste en una estructura jerárquica en la que las ideas más inclusivas ocupan el ápice, e incluyen progresivamente las proposiciones, conceptos y datos fácticos menos inclusivos y más diferenciados.

En consecuencia, para aprender es necesario que el sujeto participe activamente, que ponga en práctica experiencias adquiridas y obtenga nuevas experiencias, que investigue y adquiera conocimientos por sí mismo.

De lo antes expuesto, se evidencia que los profesores que administran la asignatura Química a nivel de bachillerato del municipio Bruzual, del estado Yaracuy (Venezuela) no tiene los conocimientos previos necesarios para el estudio del concepto mol y la estequiometría, su evolución histórica, porque no adquirieron experiencias al respecto; esto causa una deficiencia para administrar sus conocimientos en el proceso de enseñanza-aprendizaje, aun cuando la mayoría de estos docentes tienen grado de técnico superior en Tecnología de Alimentos.

El aprendizaje significativo del concepto mol en los cursos de Química es un problema sin resolver, a pesar de la abundante bibliografía sobre esa temática y que con frecuencia aparece en la literatura didáctica. Se detectan en el aprendizaje de este concepto gran cantidad de errores conceptuales (Caamaño, Mayos, Maestre & Ventura, 1982).

Metodología

Tipo y diseño de la investigación

Por su naturaleza, la presente investigación es de campo con un diseño descriptivo, de acuerdo con los señalamientos expresados por Hernández, Fernández y Baptista (2003): “los estudios descriptivos buscan especificar las propiedades importantes de personas, grupos, comunidades o cualquier otro fenómeno que sea sometido a análisis” (p. 117). Asimismo, estos autores señalan que en un estudio descriptivo se selecciona una serie de cuestiones y se mide o recolecta información sobre cada una de ellas, para así describir lo que se investiga.

En este sentido, la investigación está orientada a diagnosticar la concepción sobre el concepto mol que tienen los profesores que administran la asignatura de Química del bachillerato. Además, está apoyada en una investigación de campo definida por el Manual de trabajo de grado, especialización, maestría y tesis doctorales de la Universidad Pedagógica Experimental Libertador (2006), “Análisis sistemático de problemas en la realidad, con el propósito bien sea de describirlos, explicar sus causas y efectos, entender

su naturaleza y factores constituyentes o predecir su ocurrencias” (p.18).

Definición de la categoría (variable)

La concepción que tienen los docentes en relación con el concepto mol, se *define* como la existencia de una idea que le permite a un sujeto interpretar un proceso o fenómeno y que cuenta al menos con otra idea alterna entre las que elige de manera consciente la que considera la mejor explicación (Williams, 2008), y operativamente se determina por cada una de las dimensiones e indicadores, descritos en el cuadro 1 (Anexo 1).

Muestra

Estuvo conformada por 60 profesores que administran la asignatura de Química del bachillerato, en el año escolar 2012-2013, pertenecientes al municipio Bruzual, estado Yaracuy, de una población total de 60 profesores; es decir se tomó la población completa de ese lugar.

Instrumento

Para llevar a cabo la presente investigación, se diseñó y construyó un instrumento tipo cuestionario para recolectar la información de los profesores acerca de las concepciones que tienen sobre el concepto mol. Este cuestionario consta de siete preguntas abiertas; fue validado por juicios de expertos en el área de Química a través de un formato de validación diseñado por los autores donde se evalúa la pertinencia, congruencia, claridad y coherencia de las preguntas (Anexo 2). Una vez recolectada la información

por parte de los evaluadores, se consideraron las respectivas recomendaciones para la elaboración de la versión final del instrumento.

Después de validado el instrumento, se les aplicó a los 60 profesores del municipio Bruzual, estado Yaracuy (Venezuela), con la finalidad de analizar sus concepciones acerca del concepto mol.

Análisis de los datos

Los datos que se obtuvieron a partir de la aplicación del cuestionario se organizaron en tablas con apoyo del programa computarizado Excel, que arrojó los porcentajes de respuestas obtenidas por los profesores informantes.

Resultados

El análisis e interpretación de los resultados se realizó con las respuestas emitidas por los docentes, tal como se indica a continuación:

Ítem 1. ¿Qué es un átomo?

El 33 % de los profesores encuestados conceptualizaron el átomo como partículas muy pequeñas e indivisibles, formado por otras partículas fundamentales más pequeñas.

Un 47 % de los docentes informantes señalaron que el átomo es la unidad más pequeña de un elemento químico, lo cual coincide con Phillips, Strozak, Wistrom (2000) y Chang (2003), quienes señalan el átomo como la unidad más pequeña de un elemento químico que mantiene su identidad o sus propiedades y que no es

posible dividir mediante procesos químicos. De igual manera, al describir algunas de las características de los átomos se refieren al tamaño (“muy pequeño, microscópico”, “diferentes tamaños...”, “su tamaño depende de sus capas y sus electrones..., pero es muy pequeño”), que aunque ninguno lo considera suficientemente grande como para verlo con un microscopio superpotente, es sobredimensionado como partícula y desfigurado en la proporción que establecen entre el tamaño del núcleo y la corteza.

El 20 % de los profesores informantes conceptualizaron el átomo en razón a que está formado por un núcleo, compuesto, a su vez, por protones y neutrones (Anexos 3 y 3.1).

De los resultados expuestos se puede decir que los profesores hacen referencia al átomo como partícula, elemento químico y núcleo, con lo cual se demuestra que existe un desconocimiento general de la definición de átomo por parte de ellos. Es decir, los profesores tienen una visión errada del concepto y esto se ve reflejado en la respuesta; aunque algunos hacen referencia a partículas, elemento, solo algunos pocos profesores encuestados dan una visión parcialmente correcta, si bien incompleta. En fin, se deduce que tampoco tienen una visión correcta de átomo, dado que existe un desconocimiento general sobre este concepto.

Ítem 2. ¿Qué es un elemento químico?

En lo atinente a este ítem, el 65 % de los profesores señalaron que el elemento químico es el

conjunto de átomos que presentan los mismos números de protones en el núcleo; es decir, el mismo número atómico, por lo que el átomo es una partícula material formada por protones, neutrones y electrones fundamentalmente.

En cambio, el 20 % de los profesores coincidieron con la definición que establece la Iupac (2008) sobre el elemento químico como *aquella sustancia que no puede ser descompuesta, mediante una reacción química en otras más simples*. Mientras que el 15 % de los docentes lo definieron tal como lo plantean Phillips, Strozak, Wistrom (2000): *es la forma más simple de la materia* (Anexos 3 y 3.2).

De las respuestas de los profesores se evidencia que el elemento químico es un conjunto de átomos, descomposición de sustancias, forma más simple de la materia; por lo tanto, se puede decir que existe un desconocimiento, aun cuando algunos informantes dan una visión parcialmente correcta, si bien incompleta. El término elemento químico hace referencia a una clase de átomos, todos ellos con el mismo número de protones en su núcleo; aunque, por tradición, se puede definir elemento químico como aquella sustancia que no puede ser descompuesta mediante una reacción química, en otras más simples.

Ítem 3. ¿Cómo explica usted la masa atómica de un elemento?

El 76 % de los profesores informantes señalaron que es la masa de un átomo en reposo, por lo

cual coincidieron con la definición que establece Chang (2003), que menciona la masa atómica como *la masa de un átomo en reposo*. La masa atómica puede ser considerada como la masa total de los protones y neutrones en un átomo único en estado de reposo.

El 14 % de los profesores señalaron que es la masa de un átomo correspondiente a un elemento expresada en u.m.a., la cual concuerda con la definición dada por la Iupac (2008), que señala que *es la masa de un átomo del elemento expresada en unidades de masa atómica expresada en u.m.a.*

En tanto que el 10 % de los profesores respondieron que es la masa atómica, es decir, la masa total de los protones, neutrones y electrones en un átomo en estado de reposo, masa en gramo de un átomo, coincidieron con lo que señala Chang (2003) en el sentido de que *la masa atómica puede ser considerada como la masa total de los protones, neutrones y electrones en un átomo único en estado de reposo* (Anexos 3 y 3.3).

En resumen, se puede decir que los profesores señalaron que la masa atómica de un elemento es la masa de un átomo, unidades de masa atómica (u.m.a.) y masa total de los protones, lo que demuestra un desconocimiento de dicho concepto; solo algunos pocos de los profesores encuestados dan una visión parcialmente correcta, aunque incompleta sobre cómo explicar la masa atómica de un elemento.

Ítem 4. ¿Quién introdujo el concepto mol?

El 12 % de los informantes señalaron que fue Ostwald, por lo que coinciden con Elizalde, Flores y Terraza (1999), quienes indican que este concepto fue introducido por aquel.

Es importante señalar que el término mol es introducido por Ostwald en 1886, quien hace referencia al latín *mole*, que significa pila, montón, ante la necesidad de unificar ciertos criterios físicos con otros químicos.

Sin embargo, el 88 % de los profesores informantes manifestaron que fue Avogadro, esto señala que están equivocados en su afirmación, puesto que en realidad quien lo introdujo fue Ostwald. Esta respuesta quizás se pueda justificar porque en la definición se utiliza la constante de Avogadro, una expresión matemática. Por lo cual, señala Pozo (1994), al no tener claro un concepto se puede posibilitar o dificultar el aprendizaje de otros conceptos, producto de las enseñanzas no adaptadas a un nivel de conocimientos y potencialidades del profesor (Anexos 3 y 3.4).

Ahora bien en relación con este ítem, se puede decir que la mayoría de los profesores informantes atribuyeron la autoría del concepto a Avogadro; solo un porcentaje pequeño conoce que fue Ostwald quien lo introdujo. Estos datos nos muestran que existe un desconocimiento general del contexto histórico del concepto mol entre los profesores que administran la Química del bachillerato.

Ítem 5. ¿Cuál es el origen histórico del concepto mol?

Es importante resaltar que el 73 % de los informantes manifestaron que el origen de mol fue introducido por Avogadro; por lo tanto, tiene una visión epistemológica incorrecta de los antecedentes históricos del concepto.

Sin embargo, se puede acotar que el 25 % de los docentes señalaron que fue Ostwald; es decir, coincidieron con lo señalado por Furió y Padilla (2003) en el sentido de que con este investigador se comienza el origen histórico del concepto mol. Ostwald no creía en la existencia real de los átomos ni inicialmente en la hipótesis molecular de Avogadro, y mantenía las ideas de peso equivalente.

Ahora bien, el 2 % de los informantes respondieron no tener idea y ningún conocimiento sobre el origen de mol, razón por la cual Furió, Azcona y Guisasola (1999) señalan que el desconocimiento de la historia de la Química en el profesorado puede dar lugar a deficiencias en el significado de conceptos y realizar transposiciones equivocadas (Anexos 3 y 3.5).

De este ítem se puede decir que como la mayoría de los profesores informantes manifiestan erradamente que el origen fue a través de Avogadro, se está demostrando que existe un desconocimiento general del contexto histórico de la evolución de mol, es decir, los docentes tienen un desconocimiento de la historia y la epistemología que dan lugar a deficiencias del significado de mol.

Ítem 6. ¿Cómo se debería definir mol?

El 21 % de los informantes señalaron que el mol es la unidad que mide la cantidad de sustancia, una de las siete magnitudes físicas fundamentales del Sistema Internacional de Unidades. Así, como unidad de la magnitud en este sistema: cantidad de sustancia, fue oficialmente definido por la Iupap (Unión Internacional de Física Pura y Aplicada) en el año 1957 y luego por la Iupac, en 1967.

Sin embargo, el 69 % de los docentes señalaron que el mol es el número de Avogadro, tal como lo plantean Phillips, Strozak y Wistrom (2000), quienes lo definen como la cantidad de entidades elementales (átomo, molécula, iones, electrones, u otras partículas o grupos específicos de estas mismas referencias) existentes en un mol de cualquier sustancia. Un mol es el número de átomos que hay en 12 gramos de carbono 12.

El 6 % de los profesores encuestados que informan que el mol es la unidad de cantidad de sustancia del Sistema Internacional de Unidades, coinciden en lo señalado en Chang (2003): mol es la cantidad de una sustancia que contiene tantas entidades elementales (átomos, moléculas u otras partículas) como átomos que hay exactamente en 12 g (o 0,012 kg) del isótopo de carbono 12.

El 4 % de los docentes respondieron que el mol es una masa molecular de una sustancia expresada en gramos número de Avogadro (Anexos 3 y 3.6).

Se puede decir que el 79 % de los docentes evidencia un error del concepto de mol, tal cual lo han señalado Furió, Azcona y Guisasola (1999) en el sentido que el desconocimiento de la historia de la Química en el profesorado puede dar lugar a deficiencias en el significado de conceptos y realizar transposiciones equivocadas.

Ítem 7. ¿Qué significado le atribuye al mol?

El 27 % de los profesores informantes expresaron que un mol es la cantidad de materia que tiene un objeto como el número de átomos. De esta manera coincidieron con Phillips (2001), Chang (2003) y Whitten (1992), los cuales sostienen que es la cantidad de materia que tienen tantos objetos como el número de átomos que hay en exactamente en 12 gramos de carbono.

En cambio, el 20 % de los profesores lo asignan al número de entidades elementales, lo cual es una concepción errada, mientras Furió, Azcona y Guisasola (1999) ponen de presente que el docente señala equivocadamente al significado de masa química o números de entidades elementales.

Sin embargo, el 33 % de los profesores informantes se lo atribuye a una magnitud física, porque la Iupac indica que el mol debe especificar el tipo de entidades elementales, que pueden ser átomos, moléculas, iones, electrones u otras.

Así mismo, el 10 % de los profesores respondieron que un mol es igual a la masa atómica. La masa atómica de un elemento expresado en

u.m.a. es numéricamente la misma que la masa de 1 mol de átomos del elemento expresado en gramos. La masa de un átomo de oxígeno es 16,0 u.m.a.

El 8 % de los profesores señalaron que el mol es igual a la masa molecular, lo que evidencia que respondieron de manera incorrecta, porque el mol es una de las siete unidades básicas fundamentales del Sistema Internacional de Unidades: es la que mide la cantidad de sustancia. Se define como un mol a la cantidad de sustancia que contiene tanto de esas entidades elementales como átomos de C_{12} hay en 12 gramos de este.

En cambio el 2 % de los profesores indican que un mol es igual a la cantidad de materia, es la cantidad de materia que contiene el número de Avogadro, números de partículas unitarias o entidades fundamentales: moléculas, átomos, iones, electrones, entre otros (Anexos 3 y 3.7).

Ahora bien, las respuestas emitidas por los profesores significando el mol como cantidad de sustancia, entidades elementales, magnitud física, masa atómica y masa molecular, evidencia que tienen una deficiencia sobre el tema, cuya consecuencia más significativa se muestra en la confusión acerca del concepto mol con respecto a masa o número de Avogadro.

Conclusiones

De acuerdo con los objetivos planteados y los resultados obtenidos en este estudio se establecen las siguientes conclusiones:

En relación con los conocimientos previos necesarios para abordar el concepto de mol, se pudo constatar que la mayoría de los profesores tienen una buena información en relación con el concepto átomo y masa atómica de un elemento. En lo que se refiere al enlace químico, la mayoría de ellos desconocen dicho concepto, si bien algunos dieron una visión parcialmente correcta, pero incompleta.

Ahora bien, por lo que se refiere al concepto mol, la mayoría de los profesores le atribuye su significado a unidad individual de masa, de porción de sustancia y de número de partículas (número de Avogadro). Sin embargo, se pudo denotar que no establecen relaciones conceptuales consistentes entre cantidad de sustancia y número de partículas.

También se detectó que la mayoría de los profesores no tiene conocimientos sobre la definición que le dio la Iupac al concepto de mol; esto induce a pensar en un desconocimiento general sobre el tema que trae como consecuencia una deficiencia conceptual de los profesores, por cuanto llegan a confundir el concepto mol con masa o número de Avogadro.

De igual manera se pudo observar que la mayoría de los docentes informantes desconocen que Ostwald fue el que introdujo el concepto de mol; todo lo contrario ocurre con el origen histórico del concepto mol: la mayoría de los informantes sí conocen el origen histórico de este concepto.

Referencias

- Ausubel, D. (1980). *Psicología Educativa*. México: Trillas.
- Bruner, J., Goodnow, J. & Austin, G. (1978). *El proceso mental en el aprendizaje*. Madrid: Narcea.
- Caamaño, A., Mayos, C., Maestre, G. & Ventura, T. (1982). Consideraciones sobre algunos errores conceptuales en el aprendizaje de la Química en el bachillerato. Comunicación presentada en las primeras Jornadas de Investigación Didácticas de Física y la Química, *Enseñanza de la Ciencia*, 3(2), 198-200.
- Cubero, R. (1994). Concepciones alternativas, preconcepciones, errores conceptuales. ¿Distinta terminología y un mismo significado? *Investigación en la Escuela*, 23, 23-33.
- Chang, R. (2003). *Química*. México: McGraw-Hill.
- Dierks, W. (1981). Teaching the mole. *European Journal of Science Education*, 2, 145-158.
- Elizalde, M., Flores, J. & Terraza, L. (1999). El surgimiento del concepto de mol. *Elemento*, 3(2), 37-51.
- Furió, C. (2005). ¿Es la historia y la filosofía de la ciencia una herramienta básica en la formación del profesorado de química? *Enseñanza de las Ciencias* (pp. 1-2). Trabajo presentado en el VII Congreso Internacional sobre Investigación en la Didáctica de las Ciencias, Granada, España.
- Furió, C., Azcona, R. & Guisasola, J. (1999). Dificultades conceptuales y epistemoló-

- gicas del profesorado en la enseñanza de los conceptos de cantidad de sustancia y de mol. *Enseñanza de las Ciencias*, 17(3), 359-376.
- Furió, C., Azcona, R. & Guisasola, J. (2002). Revisión de investigaciones sobre la enseñanza-aprendizaje de los conceptos cantidad de sustancia y mol. *Enseñanza de las Ciencias*, 20(2), 229-242.
- Furió, C., Azcona, R. & Padilla, K. (2005). "Las visiones reformadas de la ciencia en la enseñanza universitaria de los conceptos de cantidad de sustancia y mol", *Enseñanza de las Ciencias*, núm. extra, VII Congreso Internacional sobre Investigación en la Didáctica de las Ciencias, Granada, España.
- Furió, C. & Padilla, K. (2003). La evolución histórica de los conceptos científicos como prerrequisito para comprender su significado actual: el caso de la cantidad de sustancia y el mol. *Didáctica de las Ciencias Experimentales y Sociales*, 17, 55-74.
- Gabel, D. & Bunce, D. (1994). *Handbook of Research on Science Teaching and Learning. Research on problem solving: Chemistry*. Nueva York: MacMillan Publishing Company.
- González, F. (1989). *La personalidad, su educación y desarrollo*. Habana: Editorial Pueblo y Educación.
- Hernández, R. Fernández, C. & Baptista, L. (2003). *Metodología de Investigación*. México: McGraw-Hill Interamericana.
- Krishnan, S. & Howe, A. (2004). The mole concept developing an instrument to assess conceptual understanding. *Journal of Chemical Education*, 71(8), 653-655.
- López, W. & Vivas, F. (2009). Estudio de las preconcepciones sobre los cambios físicos y químicos de la materia en alumnos de noveno grado. *Educere*, 13(45), 491-499.
- Mills, I., Cvitas, T., Homann, K., Kallay, N., & Kuchitsu, K. (1993). *IUPAC, quantities, units and symbols in physical chemistry*. Estados Unidos: Blackwell.
- Morales, O. (1999). Concepciones teóricas sobre la lectura y la escritura y su aprendizaje: estudio con dos docentes de 1.ª etapa de Educación Básica. En *Memorias del 5.º Congreso Colombiano y 4.º Latinoamericano de Lectura y Escritura*. Fundalec-tura, Bogotá, Colombia. Abril 1999. Venezuela: Ediciones Postgrado de Lectura, Postgrado de Lectura y Escritura, Universidad de Los Andes.
- Moreira, M. & Greca, I. (2003). *Cambio conceptual: Análisis crítico y propuestas a la luz de la teoría del aprendizaje significativo*. Extraído el 10 de septiembre de 2009 desde <http://www.if.ufrgs.br/~moreira/cambioconceptual.pdf>
- Orozco, C. (2005). Atajos y desviaciones. Los estudios histórico-críticos y la enseñanza de las ciencias. *Tecne, Episteme y Didaxis (TED)* 2, 70-79.
- Phillips, J., Strozak, V. & Wistrom, C. (2000). *Química: conceptos y aplicaciones*. México: McGraw-Hill.

- Pozo, J. (1994). El cambio conceptual en el conocimiento físico y social: del desarrollo a la instrucción. En M. J. Rodrigo (Ed.), *Contexto y desarrollo social*. Madrid: Síntesis.
- Quintanilla, M. (2005). Historia de las ciencias y formación del profesorado: una necesidad irreductible. *Tecne, Episteme y Didaxis (TED)*, 34-43.
- Unión Internacional de Química Pura y Aplicada (Iupac) (2008). *Abbreviated list of quantities, units and symbols in physical chemistry*. Extraído el 15 de abril de 2008 desde <http://www.iupap.org/reports/1993/homann/base1.html>
- Universidad Pedagógica Experimental Libertador (2006). *Manual de trabajo de grado, especialización, maestría y tesis doctorales de la Universidad Pedagógica Experimental Libertador*.
- Velasco, R. & Garritz, A. (2003). Revisión de las concepciones alternativas de los estudiantes de secundaria sobre la estructura de la materia. *Educación Química*, 14(2), 72-85.
- Vygotsky, L. (1979). *El desarrollo de los procesos psicológicos superiores*. Buenos Aires: Grijalbo.
- Williams, S. (2008). Ideas previas una propuesta de trabajo con la ayuda de la historia de la Química. *Ciencia*, 23(12), 125-135.

Anexo 1

Cuadro I. Operacionalización de la categoría “Concepción sobre el concepto mol que tienen los profesores que administran la asignatura de Química”

Categoría	Dimensión de la categoría	Definición de cada dimensión	Indicadores de cada dimensión	Ítems
Concepción sobre el concepto mol que tienen los profesores	Conocimientos previos (para la comprensión del concepto mol)	Según López y otros (2004), se define como los conocimientos básicos que poseen los profesores para asimilar la nueva información	Concepto de átomo	1
	Contenidos conceptuales	Pozo (1994) lo define como el proceso de aprender implica una toma de conciencia o percepción consciente. Se inicia desde la confrontación de las ideas previas o conocimiento implícito con las nuevas evidencias conceptuales o procedimentales, que hacen explícito el conocimiento y que implica una reestructuración de las ideas previas cotidianas hacia las concepciones científicas.	Concepto de elemento químico	2
			Concepto de masa atómica de un elemento	3
			Concepto de mol	6
			Origen histórico de la definición de mol	4, 5
			Significado de mol	7

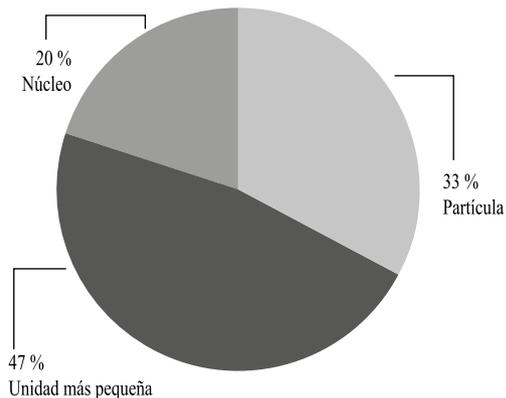
Anexo 2.
Cuadro 2. Formato de validación del instrumento

Ítems	Pertinente		Congruente		Claridad		Coherencia		Observaciones
	Sí	No	Sí	No	Sí	No	Sí	No	
1									
2									
3									
4									
5									
6									
7									

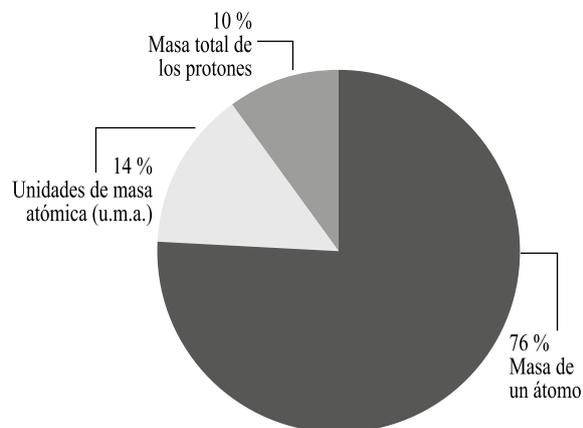
Anexo 3
Cuadro 3. Especificaciones de respuestas

Dimensión de la categoría	Indicadores	Ítems	Respuestas de los Indicadores	Profesores
Conocimientos previos para la comprensión	Concepto de átomo	1	1.1 Partícula	33 %
			1.2 Unidad más pequeña	47 %
			1.3 Núcleo	20 %
	Concepto de elementos químicos	2	2.1 Átomo	65 %
			2.2 Descomposición de sustancias	20 %
			2.3 Forma más simple de la materia	15 %
	Concepto de masa atómica	3	3.1 Masa de un átomo	76 %
			3.2 Unidades de masa atómica (u.m.a.)	14 %
			3.3 Masa total de los protones	10 %
Contenidos conceptuales	Autores que introdujeron el concepto de mol	4	4.1 Ostwald	12 %
			4.2 Avogadro	88 %
	Origen histórico de la definición de mol	5	5.1 Origen histórico según Avogadro	73 %
			5.2 Origen histórico según Ostwald	25 %
			5.3 Desconoce el origen de mol	2 %
	Concepto de mol	6	6.1 Cantidad de sustancia	21 %
			6.2 Número de Avogadro	69 %
			6.3 Unidad de cantidad de sustancia	4 %
			6.4 Masa molecular	6 %
	Cantidad de sustancia	7	7.1 Cantidad de sustancia	27 %
			7.2 Entidad elemental	20 %
			7.3 Magnitud física	33 %
7.4 Masa atómica			10 %	
7.5 Masa molecular			8 %	
7.6 Cantidad de materia			2 %	

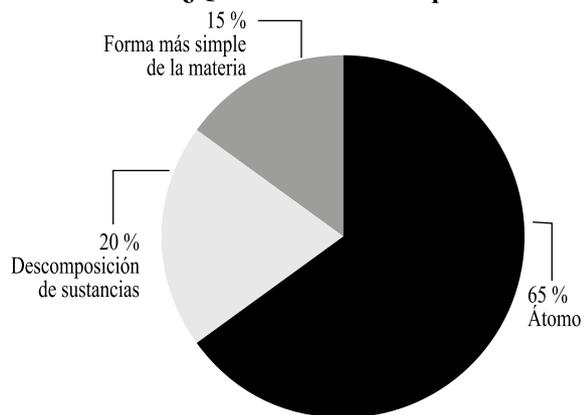
Anexo 3.1
Gráfica 1. ¿Qué es un átomo?



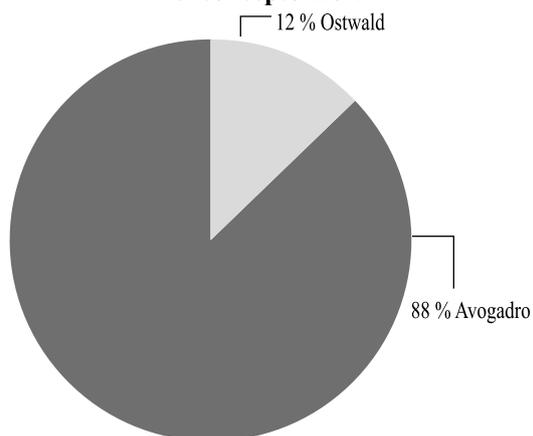
Anexo 3.3
Gráfica 3. ¿Cómo explica usted la masa atómica de un elemento?



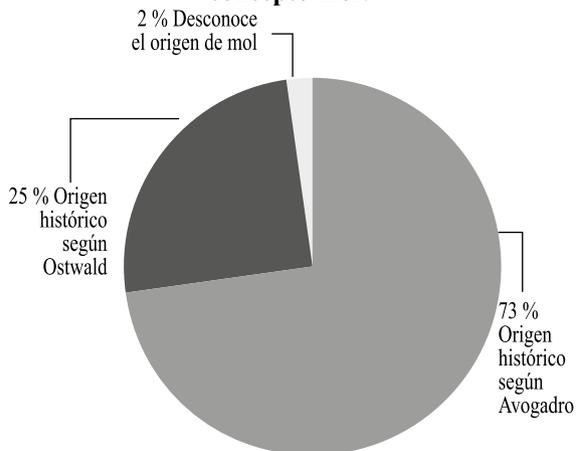
Anexo 3.2
Gráfica 2. ¿Qué es un elemento químico?



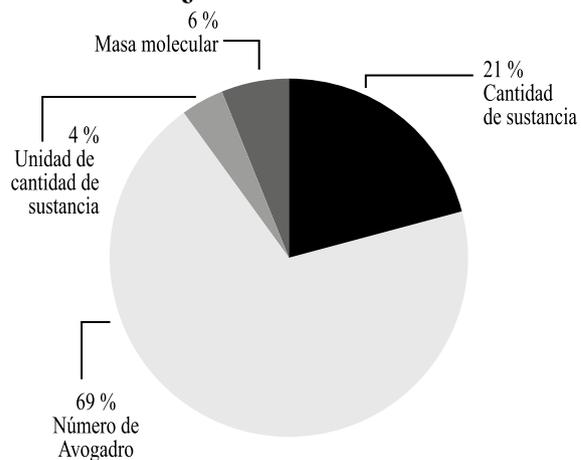
Anexo 3.4
Gráfica 4. ¿Quién introdujo el concepto mol?



Anexo 3.5
Gráfica 5. ¿Cuál es el origen histórico del concepto mol?



Anexo 3.6
Gráfica 6. ¿Cómo se debería definir mol?



Anexo 3.7
Gráfica 7. ¿Qué significado le atribuye al mol?

