

## Implicaciones en la enseñanza del mol: aspectos derivados del análisis histórico de su redefinición

### Implications in the teaching of mol: Aspects derived from the historical analysis of its redefinition

\* Ilce Lourdes Chaspuengal Recalde & \*\* Henry Giovany Cabrera Castillo

---

Chaspuengal, I. L., & Cabrera, H. G. (2021). Implicaciones en la enseñanza del mol: aspectos derivados del análisis histórico de su redefinición. *Revista Convergencia Educativa*, (9), julio, 73-100. DOI: <http://doi.org/10.29035/rce.9.73>

[Recibido: 12 mayo, 2021 / Aceptado: 18 junio, 2021]

#### RESUMEN

Para la educación en química es importante destacar la relación y aportes que se pueden derivar del estudio del lenguaje de esta materia, específicamente la interpretación de la redefinición conceptual del mol presente en algunos Textos Científicos Históricos. En tal sentido, esta investigación se realizó un análisis de la estructura terminológica de las definiciones para establecer las implicaciones que este proceso conlleva en su enseñanza. El proceso metodológico de investigación fue cualitativo, permitiendo determinar algunas características que componen a una definición (procesamiento de concreción, consistencia y brevedad y procesamiento del uso de tecnicismos) y elementos importantes a tener en cuenta en su enseñanza (reestructuración de libros de textos escolares y universitarios, sinonimia y polisemia, composición terminológica de las definiciones y reestructuración de la definición conceptual del mol). Finalmente, se expone que es un reto para la enseñanza y los educadores, de vincular o articular la divulgación, la actualización de libros de texto y la reestructuración de procesos reflexivos para comprender este concepto.

**Palabras clave:** Definiciones científicas, mol, textos científicos históricos, educación en química.

---

\* Universidad del Valle, Santiago de Cali, Colombia. <https://orcid.org/0000-0002-9198-509X>

\*\* Universidad del Valle, Santiago de Cali, Colombia. <https://orcid.org/0000-0003-4476-4427>

## ABSTRACT

In chemistry education it is important to highlight the relationship and contributions that can be derived from the study of chemical language, specifically the interpretation of the conceptual redefinition of mol present in some Historical Scientific Texts, In this sense, this research carried out an analysis of the terminological structure of the definitions to establish the implications that this process entails in its teaching. The methodological research process was qualitative and interpretative, allowing to establish some characteristics that make up a definition (processing of concreteness, consistency and brevity and processing of the use of technicalities) and important elements to be taken into account in its teaching (restructuring of school and university textbooks, synonymy and polysemy, terminological composition of definitions and restructuring of the conceptual definition of mol). Finally, it will be presented that it is a challenge for teaching and educators to link or articulate the dissemination, the updating of textbooks and the restructuring of reflective processes to understand this concept.

**Key words:** Scientific definitions, mol, Historical Scientific Text, chemistry education.

## 1. Introducción

La enseñanza de la química y en general de las ciencias, parte del estudio de la actividad científica desarrollada para la comprensión de los fenómenos naturales que nos rodean. La información que deriva de este proceso se encuentra representada en diferentes tipos de textos que permiten su reconocimiento. Entre los textos identificamos los libros, artículos, informes, códigos, diarios y cartas elaborados por la comunidad científica, los que dan cuenta de la evolución histórica de un conocimiento científico, por lo que estos documentos son identificados como textos científicos históricos (en adelante TCH).

La interpretación de los TCH, enfocado en la enseñanza de la química, en particular, la enseñanza del concepto de mol que nos interesa, ha permitido el desarrollo de estrategias metodológicas y didácticas centradas en procesos de enseñanza-aprendizaje, puesto que permite establecer los posibles obstáculos (concepciones alternativas, desarticulación de conceptos estructurales, desarticulación de la ciencia de la realidad, descripciones parciales) que se pueden presentar en el aula de clases. Esta situación se relaciona principalmente con el desconocimiento social e histórico presente en la actividad científica que engloba el concepto de mol, debido a que su enseñanza generalmente se enmarca en la transmisión de visiones aporéticas y ahistóricas del trabajo científico, dando lugar a concepciones epistemológicas erróneas, generando la presentación del concepto de forma operativa y sistemática de los aspectos fundamentales que conllevan a su comprensión e interiorización, desligando una concepción equivocada de su conceptualización (Furió et al., 1999, Padilla et al., 2005).

Por consiguiente, la enseñanza del concepto mol implica un alto grado de dificultad debido a que llega a ser muy abstracto para los estudiantes. Además de ser considerado un concepto fundamental en el desarrollo de cuantificación de procesos químicos, también presenta un impacto en la enseñanza y aprendizaje de la química, por lo que se encuentra inmerso en la comprensión de las bases conceptuales y

estructurales de la misma, como, por ejemplo, la teoría atómica. En consecuencia, la reestructuración o redefinición de este núcleo conceptual conlleva referenciar el comportamiento de cada uno de los elementos terminológicos de estructuración entre sí, su papel y relación en la química (terminología base para comprensión y apropiación de la disciplina). De acuerdo con lo anterior, lo que se presenta en este estudio es el análisis de la estructura terminológica de las definiciones sobre mol presentes en algunos TCH, con el propósito de constituir las implicaciones para su enseñanza.

## 2. Marco de Referencia

La enseñanza de conceptos químicos en el aula de clases está fundamentada en los principios adquiridos por el docente en el transcurso de su formación y desarrollo profesional, lo cual implicaría las bases conceptuales creadas a partir de conocimientos científicos y pedagógicos y el uso de la disciplina, pero debido a la falta de desarrollo de procesos reflexivos (Ayala, 2006), se concibe generalmente una enseñanza procedimental y mecánica de los conocimientos disciplinares, considerando que estos contenidos provienen, en parte, de los libros de textos universitarios, que si bien refuerzan el proceso de formación, queda manifiesto el escaso análisis reflexivo y crítico que desarrollan de este material, tanto por parte del docente en formación, como del formador.

Furió et al. (1999) y Furió et al. (2002) establecen que la comprensión de un concepto científico y, por ende, su definición, va más allá de conocer su significado, también requiere conocer el contexto de su creación, las interacciones socioculturales que lo influenciaron y los cambios terminológicos que ha sufrido a través del tiempo. Esto significa que además de reconocer la química como una actividad cambiante que responde a las dinámicas que se presentan en el mundo, es decir, la forma en cómo se lee, cómo se piensa, cómo se estructura textualmente, y cómo se comunica. Al mismo tiempo, las formas en que se expresa también lo hacen y por supuesto la estructuración terminológica lingüística que la describe (definiciones científicas) también lo hace.

De esta manera, el marco conceptual del docente creado a partir de la significancia de los conocimientos científicos y de sus definiciones, debe estructurarse a través de la construcción reflexiva de éstos, en relación con el docente formador, los textos históricos científicos (TCH) y su formación docente. Reconocer el sistema de significados claros y concisos de los conceptos presentes en las definiciones científicas, y en especial de la química, la cual plantea una construcción lingüística propia en la estructuración de sus conocimientos y su comunicación para ser interpretada y comprendida universalmente de acuerdo con sus necesidades, permitirá al docente crear estrategias para su enseñanza.

De acuerdo con lo anterior y considerando el interés de este estudio, es necesario presentar nuestra perspectiva sobre los TCH y el concepto mol. En el caso del TCH se hace referencia a aquellos documentos originales (libros, artículos, bitácoras, manuales) que permiten acceder al conocimiento científico, las

metodologías, las estrategias, las influencias sociales e ideológicas en las que se enmarca la ciencia (Cabrera, 2016). Por otro lado, el mol es uno de los conceptos fundamentales de la química pues permite cuantificar la cantidad de sustancia presente en las reacciones químicas, constituye un eje importante en la teoría atómica y finalmente, presenta un alto grado de abstracción al igual que una gran complejidad en su definición estructural (Matute et al., 2014).

### **3. METODOLOGÍA**

Esta investigación es de tipo cualitativo basado en el análisis documental, el cual permite reconocer las diferentes dimensiones que interactúan en la construcción del conocimiento y, con ello, la realidad del sujeto de estudio (Latorre et al., 1996; Flick, 2004). En la Figura 1 aparecen las fases utilizadas en el proceso.

#### **3.1. Fase 1. Búsqueda de los TCH**

En el desarrollo de esta investigación la información recolectada para seleccionar los TCH se basa en el reconocimiento de una serie de criterios y/o etapas que permitieron guiar, orientar y delimitar la búsqueda de los textos (Tabla 1). Esta Fase dio paso a la identificación de conceptos que giran en torno a la redefinición del mol (Constante de Avogadro, Número de Avogadro, cantidad de sustancia, kilogramo), los cuales ayudan a establecer pautas y pasos para generar etapas que delimiten la búsqueda de acuerdo con criterios específicos; por ejemplo, primera fuente, donde se hace referencia a los TCH que contribuyeron en la redefinición de mol (los medios de comunicación como el Espectador, la BBC, El País), etapas de la búsqueda (finalidad, cobertura, estrategia y ejecución), determinación de términos clave, elaboración de interrogantes y aplicación de la búsqueda.

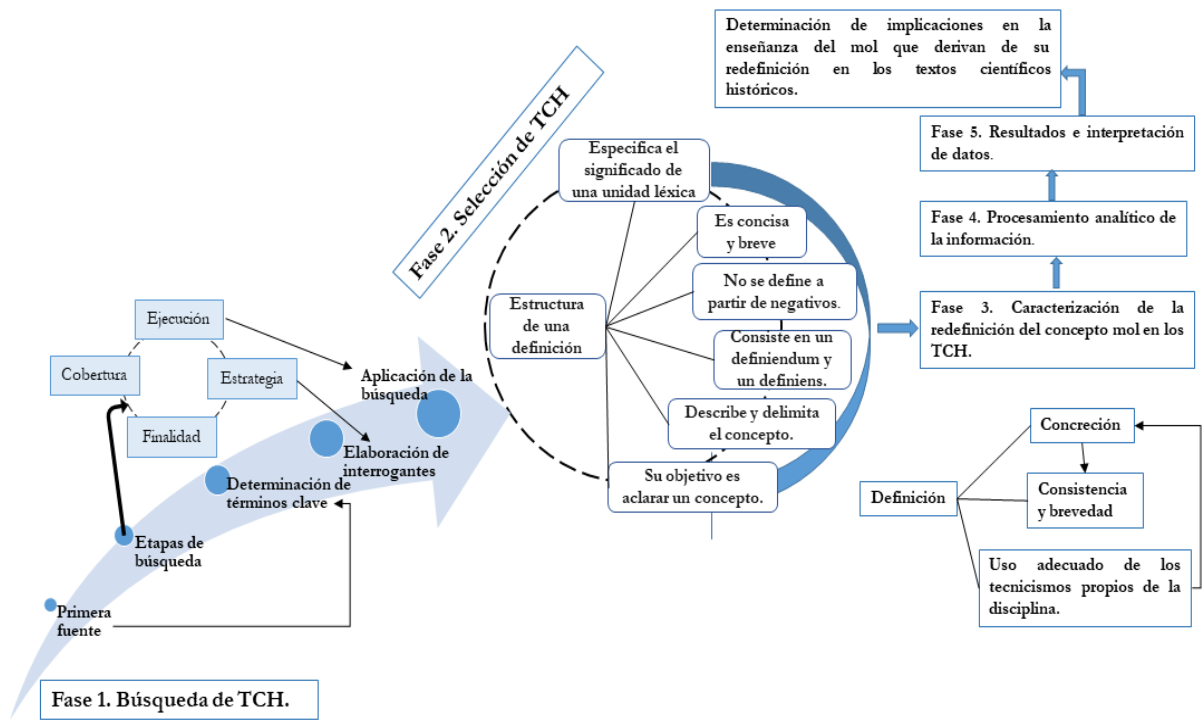


Figura 1. Relación de fases metodológicas. Fuente: elaboración propia.

Tabla 1

*Descripción de las etapas de búsqueda.*

Etapas de búsqueda	Descripción de la etapa
Finalidad	Formular un objetivo para la búsqueda de información, permite establecer límites concretos para la obtención de los TCH, centrándose únicamente en las necesidades establecidas (documentos que incluyen la definición de Mol), guiando y acotando las fuentes.
Cobertura	La extensión de la información obtenida depende de los límites establecidos, los cuales además de fijar la información al objetivo deseado permiten vislumbrar ciertas características contextuales de la misma. Por ello, los límites fijados son: a) Periodo temporal, fijado desde 2000 hasta 2019, lapso en donde se desarrollan diversas actividades que conllevan a la redefinición del mol; b) Por accesibilidad se tomarán documentos en inglés y español; y c) Tipo de documento, se centrarán en las revistas y artículos científicos establecidos por la comunidad científica reportados en la primera fuente.
Estrategia	Determinar los pasos a seguir en la búsqueda de información permitirá cautelar los límites establecidos con anterioridad, para este caso se contemplan tres fases para la recolección de los TCH: 1) Términos claves (Mol-Redefinición-Constante de Avogadro-Cantidad de sustancia), los cuales además de guiar la búsqueda, disminuyen la ambigüedad o desorientación de la misma, 2) Términos alternativos, elementos que giran alrededor de la definición central que procuren especificidad en la búsqueda, y 3) Formulación de interrogantes, teniendo en cuenta los pasos anteriores se busca relacionarlos entre sí, a través de preguntas concretas para la generación de la información requerida.
Ejecución	Para este punto se aplica las pautas establecidas anteriormente, contabilizando así el número de TCH obtenidos. Fueron considerados como primera fuente a los medios de comunicación ( <i>El Espectador, la BBC, El País</i> ).

Fuente: elaboración propia.

### 3.2. Fase 2. Selección de TCH

Para esta fase se establecieron criterios de selección a partir de las características propias presentes en la composición y/o estructuración de una definición para la selección de los TCH con el objetivo de establecer aquellos documentos que incluyen una definición científica (Tabla 2).

**Tabla 2**

*Descripción de los criterios de selección.*

Criterios de selección	Descripción de los criterios
Especifique el significado de una unidad léxica	Unidad de significado que se da a través de un proceso mental, esta puede ser una palabra o una frase dependiendo de la unidad desarrollada (Gómez, 2004).
Es concisa y breve	Las definiciones expresan las características puntuales y distintivas del objeto, por lo cual debe ser lo más clara posible, asegurar la comprensión general de su significado y prevenir interpretaciones erróneas de las mismas.
La palabra para definir no se repite en la definición	En las definiciones se busca claridad y comprensibilidad de la Unidad Léxica (UL).
No se define a partir de negativos	Se evita la inclusión de reglas de excepción a la UL para evitar confusiones.
Consiste en un <i>definiendum</i> y un <i>definiens</i>	Hacen relación consecutivamente a la UL a definir y la parte que describe la definición de la UL.
Su objetivo es aclarar un concepto	La definición describe la UL en cuestión, recogiendo sus características esenciales y generales para una descripción completa del concepto.

Fuente: elaboración propia.

Como resultado se obtuvieron veinte documentos, de los cuales ocho no responden a las condiciones fijadas, principalmente porque no presentan una definición implícita de mol en el texto, centrándose mayormente en una explicación y descripción de sucesos con un alto nivel de ambigüedad. Se extraen, de esta manera, doce TCH como objeto de estudio, recopilados en el Anexo 1.

### 3.3. Fase 3. Caracterización de la redefinición del concepto mol en los TCH

Estas características hacen referencia al análisis y comprensión de las palabras que conforman una definición, siendo un eje fundamental en la eliminación de los principales obstáculos del lenguaje (ambigüedad, polisemia, sinonimia y juicios de valor). De esta manera, se tienen en cuenta para la caracterización de la redefinición del concepto mol en los TCH los criterios incluidos en la Tabla 3.

Tabla 3

*Descripción para la caracterización de la redefinición.*

Criterios	Descripción
Concreción	<p>El manejo adecuado de los términos evitará los obstáculos en la comprensión de la UL, además de establecer con claridad las características que son puntuales y aquellas que no lo son. Sin embargo, son importantes en la significancia de la definición:</p> <ul style="list-style-type: none"><li>-Determina la unidad léxica, objeto y/o concepto a definir.</li><li>-Diferencia específica, esclarecer las características particulares de un objeto, puntualizando en las cualidades de la unidad léxica, haciendo referencia tanto a palabras la describan como oraciones que permitan pormenorizar sus propiedades.</li><li>-Género próximo, generaliza las características propias de unidad léxica.</li></ul>
Consistencia y brevedad	<p>Expone con claridad y exactitud los caracteres genéricos y diferenciales de una unidad léxica:</p> <ul style="list-style-type: none"><li>-Función, describe la función principal del concepto y lo que hace.</li><li>-Evade negativos, no establece reglas de excepción.</li></ul>
Uso adecuado de tecnicismos	<p>Hace referencia a las relaciones presentes en los elementos terminológicos empleados en la definición:</p> <ul style="list-style-type: none"><li>-Relaciona términos estructurales, refleja las relaciones que la unidad léxica mantiene con otros términos.</li></ul>

Fuente: elaboración propia



### 3.4. Fase 4. Procesamiento analítico de la información

Para el desarrollo de la interpretación de los datos obtenidos se tuvo en cuenta la función fundamental que juegan los criterios que giran en torno a la definición del mol (Tabla 3), pues estos permiten establecer redes conectoras estructurales y posibilitan el reconocimiento de su comportamiento y significancia.

### 3.5. Fase 5. Resultados e interpretación de datos

Se presentan los datos obtenidos en el proceso de desarrollo de la caracterización de los objetos de estudio. Para ello, se consideraron cada uno de los criterios establecidos en la Fase 3. A continuación, se presentan algunos de los elementos encontrados.

#### 3.5.1. Concreción

Desligando a la UL en este caso al mol como un elemento terminológico más en la construcción textual de un enunciado. Como se observa en el siguiente ejemplo: en la definición del mol puede verse claramente el vínculo con la constante de Avogadro: en una cantidad de sustancia de un mol hay exactamente  $N_A$  unidades elementales. La definición actual dice que la masa molar del  $^{12}\text{C}$  es exactamente igual a 12 g/mol. Pero dado que es evidente que existe un vínculo con la unidad de masa, la redefinición de la masa molar del  $^{12}\text{C}$  tendrá una incertidumbre de medición (Becker & Bettin, 2016).

En lo anterior, se puede observar que se trata de explicar las relaciones que presenta el mol con diferentes elementos terminológicos constituyentes como la Constante de Avogadro, masa molar y la cantidad de sustancia, pero no se aclara la esencia de éste, al no describir en qué consiste dicho concepto. Ahora bien, en los TCH que cumplieron los criterios de selección y su posterior caracterización para la interpretación de la terminología presente, se encontró que de acuerdo con la temporalidad en la que se establecieron cada una de las definiciones, estas presentan coincidencia unas con otras, por ejemplo, **Def. 1**, **Def. 2** y **Def. 14** mencionan que “El mol es la cantidad de materia de un sistema que contiene tantas entidades como hay átomos en 0.012 kilogramos de carbono  $^{12}\text{C}$ ; su símbolo es mol”. Por tal motivo se las analiza en conjunto, dependiendo de la pertinencia de estas.

Se logra identificar que, en las definiciones se establece una unidad léxica como lo es el mol, siendo un término propio de la disciplina, el cual, desde sus inicios y en la actualidad, es tomado como una unidad de medida que corresponde a la cantidad de sustancia presente en una muestra. Por otra parte, al identificar con claridad un elemento y su posterior descripción y/o explicación, se establece una palabra, fenómeno u objeto en cuestión, lo que se conoce como *definiendum* y el esclarecimiento de las preposiciones que lo describen, como *definiens*.

El uso de términos especializados con un alto grado de significancia (mol, cantidad de materia, sistema), es usual en la descripción y explicación de conceptos concretos, permitiendo exactitud y consistencia como

se puede observar en las definiciones anteriores. Por consiguiente, la precisión que se aplique en la construcción textual en las definiciones científicas permite, la construcción de esquemas elaborados con un lenguaje disciplinar preciso que permite la comprensión de estas.

En la definición se logra apreciar que además de la fijación de la unidad léxica *mol* la descripción presentada para su comprensión se expone a través de elementos terminológicos con un grado menor de dificultad, es decir, utiliza un lenguaje asequible y relativamente entendible para el público, *cantidad de materia o entidades elementales*, por ejemplo. Indicando una descripción *sencilla* y clara por así decirlo, pues no utiliza elementos poco entendibles o que presenten un nivel de abstracción mayor evitando confusión.

Al igual que en las definiciones anteriores, las tres siguientes a pesar de no ser exactamente las mismas, presentan elementos en su constitución con un alto nivel de similitud por lo cual se las analiza en conjunto. En estas se describe con un lenguaje disciplinar conciso al mol. A diferencia de **Def. 1**, **Def. 2** y **Def. 14**, las definiciones correspondientes a **Def. 5**, **Def. 6** y **Def. 11** presentan mayor cantidad de elementos descriptivos que caracterizan a la unidad léxica *mol*, como entidades elementales, átomos, iones, moléculas, unidades individuales. Lo cual no implica que abandonan su carácter de consistencia y brevedad, pues a pesar de añadir nuevos elementos teóricos estos dan respuesta o ejemplifican a características más generales expuestas, Por ejemplo:

En **Def. 1** establece que *las entidades elementales* hacen referencia a una cantidad establecida en *átomos en 0.012 kilogramos de carbono 12*, es decir, que una entidad elemental contiene el número de átomos presentes en 0.012 kg del isótopo 12 del C.

En la **Def. 5** el *mol*, de símbolo mol, es la unidad de *cantidad de sustancia* de una entidad primaria especificada, que puede ser un átomo, ion, electrón, cualquier otra partícula, o grupo de tales partículas; su magnitud se establece fijando el valor numérico de la *constante* de Avogadro para ser igual a exactamente  $6.02214 \times 10^{23}$  cuando se expresa en la unidad mol<sup>-1</sup>.

En cuanto **Def. 5**, **Def. 6** y **Def. 11**, establecen que *una entidad primaria especificada y/o entidad elemental específica* hace referencia a cualquier partícula o grupo de partículas *un átomo, ion, electrón*, presentes en una muestra.

Además, se logra identificar el uso de sinónimos en las definiciones para describir las características del mol pues es clara su utilización para referirse a ciertos elementos terminológicos. Esto no sería un problema, siempre y cuando no se le atribuya un significado erróneo tanto a los mismos como a la demás terminología presente, pues la aplicación de términos similares pero inexactos, podría conllevar a posibles dificultades en la comprensión de las definiciones.

En el caso de las *entidades elementales*, se pueden enmarcar bajo sinónimos como *partículas individuales*, *entidades primarias especificadas*, *entidad elemental específica*, entre otros, sin perder su significancia, ya que se logra reconocer que estas expresiones hacen referencia a un grupo específico de partículas presentes en una sustancia pura, pudiendo ser electrones, moléculas, átomos, iones. Además, en las definiciones descritas se evita la confusión, pues generalmente se precisa su significado.

Por otra parte, se logra observar que para estas definiciones sí se plantea una magnitud fija a la unidad de medida  $\text{mol}^{-1}$ , la cual se establece si se  *fija a el valor numérico de la constante de Avogadro para que sea exactamente igual a  $6.02214 \times 10^{23}$* . Determinando una cantidad numérica en relación con la constante de Avogadro a diferencia de **Def. 1, 2 y 14**, ya que asigna a la masa del isótopo 12 del carbono igual a 0.012 kg como referente del valor numérico de la magnitud, se conduce a instaurar una diferencia definitiva, ya que la una se relaciona directamente con la constante de Avogadro, mientras que la otra lo hace con la cantidad de masa establecida para el isótopo del carbono 12 equivalente a 0.012 kg, situación que se describió en el marco teórico.

Paralelamente en el caso de **Def. 9** «El mol, de símbolo mol, es la unidad del SI de cantidad de sustancia de una entidad elemental especificada, que puede ser un átomo, molécula, ion, electrón, cualquier otra partícula o un grupo específico de tales partículas; su magnitud se establece fijando el valor numérico de la constante de Avogadro» Se logra acotar una similitud tanto estructural como en los términos disciplinares edificantes con respecto a sus antecesoras, pero a pesar de describir la unidad léxica de acuerdo a la terminología específica que la caracteriza proporcionando así significancia a la misma, no describe un valor numérico específico como lo hacen las anteriores.

Análogamente la **Def. 13** “El mol es la unidad de la cantidad de sustancia de un sistema que puede estar formado por partículas individuales como átomos, moléculas iones o electrones. Queda definida a través de la constante de Avogadro =  $6.02214 \times 10^{23} \text{ mol}^{-1}$ ”. A pesar de plantear una estructura y composición sencilla, presenta preposiciones que son ambiguas y llevan a la confusión, pues enuncia frases como un “sistema que puede estar por partículas” y “queda definida a través de la constante de Avogadro”. La implementación de estas proposiciones (*puede, estar, a través*) y de los verbos (*definida, queda, estar*) los cuales dan movilidad a las oraciones que conforman la definición, permiten la interconexión entre término y término. Los analizaremos más adelante en el uso adecuado de tecnicismos, de acuerdo con el uso establecido que plantea la significancia de la UL a definir.

En cuanto a **Def. 17, Def. 18, Def. 19, Def. 20 y Def. 21**, establecen que:

El mol, de símbolo mol, es la unidad SI de cantidad de sustancia. Un mol contiene exactamente  $6.02214 \times 10^{23}$  entidades elementales. Este número es el valor numérico fijo de La constante de Avogadro, NA, cuando se expresa en la unidad  $\text{mol}^{-1}$  y se llama número de Avogadro.

Y que:

La cantidad de sustancia, de símbolo  $n$ , de un sistema es una medida del número de entidades específicas elementales. Una entidad elemental puede ser un átomo, una molécula, un ion, un electrón, cualquier otra partícula o grupo de partículas especificado.

Se puede identificar que además de describir el concepto mol también buscan explicar más concretamente la relación entre la *cantidad de sustancia y las entidades elementales*, en que un sistema o muestra determinada presenta en su composición cierto grupo de partículas, las cuales son representadas o cuantificadas en la cantidad de sustancia presente en una muestra. Caso que no se presenta en sus antecesoras.

En estas definiciones no se refieren a la cantidad cuantitativa de la constante de Avogadro como el valor encargado de *definirla* como tal, ya que establecen que un mol alberga esta cantidad específica de entidades elementales, cuando lo expresa de la siguiente manera «Un mol contiene exactamente  $6.02214 \times 10^{23}$  entidades elementales». Recalcando nuevamente la importancia de determinar la significancia que le dan los verbos utilizados para describir al mol, el verbo contener (*contiene*) hace referencia a la cantidad presente de las entidades que constituyen a la sustancia. Mientras que verbos como establecer, *establecida por*; definir *definida por*, instauran el valor numérico de la constante de Avogadro como la esencia del mol.

Se puede determinar que en las definiciones se hace una relación entre la constante de Avogadro y el número de Avogadro. Estableciendo que  $6.02214 \times 10^{23}$  es «el valor numérico fijo de  $N_A$ , cuando se expresa en la unidad  $\text{mol}^{-1}$  y se llama número de Avogadro». La cual se encuentra directamente relacionada con la magnitud de la cantidad de sustancia expresada en la unidad  $\text{mol}^{-1}$ , estableciéndose como una magnitud, lo que implica dejar de establecer el valor del número de Avogadro directamente a la constante de Avogadro (Caamaño, 2013).

Expresar la magnitud con el número de Avogadro puede generar confusión, al no lograr apreciar una descripción concreta del por qué se la plantea de esta manera, siendo el único elemento de carácter ambiguo presente en la definición. Retomando la interpretación desarrollada de las definiciones se puede decir que, es muy importante tener en cuenta cada uno de los elementos terminológicos utilizados para explicar un concepto a través de la construcción textual de una definición, pues estos establecen su significancia. Por ende, el uso adecuado tanto de terminología especializada como de los verbos que describen a la misma debe adecuarse a la esencia de la unidad léxica a definir.

Como ya se mencionó, el volumen o la extensión de la definición no es sinónimo de concreción, pues la implementación de elementos terminológicos que aportan en la aclaración de la descripción que se le otorga a la unidad léxica, favorecen su comprensión. Sin embargo, de debe tener en cuenta que el uso de nuevos

términos debe corresponder al objetivo que se tiene para ese enunciado, ya que en caso contrario no aportarían mayor relevancia a la misma o conllevarían a malas interpretaciones.

Por último, cabe resaltar que la mayoría de las definiciones presentan términos propios de la disciplina que han transformado su significado a través del tiempo. A estos se les denomina términos polisémicos, que son aquellas palabras cuya significancia depende del contexto científico en el que se las defina, un ejemplo claro de ello es el átomo el cual presenta diferentes modelos para su explicación y dependiendo de la época y el tiempo este varía su significado (Quílez & Quílez 2016).

### 3.5.2. Consistencia y brevedad

Hace referencia a describir concretamente la función de la unidad léxica a definir, integrando elementos terminológicos que permitan apreciar la esencia del concepto, en este caso el mol. De esta manera en las definiciones correspondientes a **Def. 1**, **Def. 2** y **Def. 14**, establecen que el mol es *la cantidad de materia de un sistema*, lo cual no es precisamente cierto, ya que el mol es una unidad que expresa la cantidad de sustancia presente en un sistema. No hay que hacer la relación igualitaria entre mol y cantidad de sustancia, ya que la una corresponde a una magnitud numérica mientras que la otra se asocia a la cantidad de masa presente en una sustancia.

Las definiciones restantes (**Def. 5**, **Def. 6**, **Def. 9** y **Def. 11**, **Def. 13**, **Def. 17**, **Def. 18**, **Def. 19**, **Def. 20**), expresan que el mol “es la unidad del SI de cantidad de sustancia de una entidad elemental especificada”. Siendo así una unidad establecida para muchos de los cálculos desarrollados en el campo de la química como son cálculos estequiométricos, indicando la proporción existente entre reactivos y productos en las reacciones químicas, equilibrio químico.

En síntesis, se puede decir que el mol desde sus inicios se ha convenido como una unidad que permite cuantificar y fijar la cantidad del grupo de partículas que constituyen o se encuentran en una sustancia, por lo cual corresponde a un patrón de medida establecido que concierne a una magnitud de medida. Su esencia se engloba en la capacidad de cuantificar diferentes elementos en el desarrollo de procesos químicos respecto a la teoría atómica (estequiometría, masa y peso atómico).

### 3.5.3. Procesamiento del uso de tecnicismos

Retomando algunas de las categorías establecidas por Wellington & Osbone (2001), para la taxonomía de las palabras científicas, se determinó que los términos presentes en el lenguaje utilizado en la química para escribir y comunicar conceptos presentan un papel elemental propio. Por consiguiente, se desarrolla un análisis de las relaciones terminológicas que se presentan en las definiciones a través de la esquematización de estas con la finalidad de identificar la estructuración de estas relaciones.

Los denominados verbos metalingüísticos, que hacen referencia a las palabras que no especifica técnicas propias de la UL a definir, sino que utiliza términos para describirla. Según Quílez & Quílez (2016) estos pueden ser definir, argumentar e ilustrar. El empleo de este tipo de elementos en conjunto a los conectores lógicos, los cuales permiten la interconexión entre todos los elementos presentes en la definición, puede convertirse en un obstáculo en la enseñanza, pues depende del uso que se les asigne.

Al lograr identificar en cada uno de los términos y preposiciones presentes en las definiciones ya expuestas, como adquieren significado de acuerdo con la intención en que se presentan junto con el contexto en el que se encuentren sumergidos. Para comprender esta situación se debe considerar que, el número de Avogadro al principio se determina como la cantidad designada de átomos existentes en un mol de cualquier sustancia, sin embargo, cuando se introduce el término de cantidad de sustancia como una de las magnitudes fundamentales del SI, implicando la presencia de una dimensión independiente, por lo que pasa a ser una constante física (Caamaño, 1998). De esta manera el número de Avogadro alcanza un número específico mientras la Constante de Avogadro responde a una magnitud bidimensional, la cual es invariable o presenta un margen de error casi de cero. Mientras que el número de Avogadro responde a una cantidad ligada a la masa inicial del kilogramo definida por la Global Crop Water Model, como base inicial de las medidas, el cual es invariante y con una incertidumbre que se amplía con el paso del tiempo.

Se puede inferir que el uso o la interpretación inadecuada de términos textualmente parecidos puede convertirse en un problema en el proceso de la enseñanza de esta definición, conllevando a la equivocación y confusión tanto de profesores como alumnos respecto de los términos utilizados. Como se mencionó, las relaciones terminológicas presentes en la composición de la definición permiten establecer la significancia de estas. En este caso, identificar los elementos que giran en torno a ésta, permitirá distinguir la interacción de cada uno de ellos en la composición del mol y, por ende, su comportamiento e importancia. Puesto que la significancia de los componentes de una definición puede variar dependiendo de la estructuración lingüística y terminológica como también del contexto en la que se utiliza, generando variabilidad en las concepciones de mol.

Por lo tanto, queda establecido que el mol es una medida de cuantificación de entidades predeterminadas presentes en una sustancia de muestra, o a lo que se denomina un sistema específico. Donde la cantidad de entidades elementales corresponde a al número de átomos presentes en 0.012 Kg del isótopo del carbono 12. En cuanto a la relación de cantidad de sustancia-masa, trabajos como el de García (2013) han mencionado que suele ser interpretada inadecuadamente. Al igual que este artículo existen diversas publicaciones o textos escolares que fijan o relacionan la obtención del valor cuantitativo del mol directamente con el peso determinado a través de una balanza.

Se puede decir que las definiciones que representan la redefinición del mol describen mayormente los términos estructurales del mol, explicándoles y relacionando su papel en la descripción del mol. A pesar de

que no se explica claramente la relación constante de Avogadro - Número de Avogadro, estos serían los elementos más confusos o ambiguos presentes. Al igual que se explica a qué corresponde la cantidad de sustancia, también se debería realizar el mismo proceso con la constante de Avogadro, de cierta manera, la búsqueda de la exactitud de su valor numérico conlleva a que se reformara la definición del mol. En este caso en específico establecer los elementos que giran en torno a esta permitirá distinguir la interacción de cada uno de estos en la composición del mol y por ende su comportamiento e importancia.

#### **4. Determinación de implicaciones en la enseñanza del mol que derivan de su redefinición en los textos científicos históricos**

Para el desarrollo de esta fase se tendrá en cuenta cuatro puntos importantes los cuales engloban en su gran mayoría algunas de las posibles problemáticas derivadas del proceso de redefinición.

##### **4.1. Reestructuración de libros de textos escolares y universitarios**

Los libros de texto escolares y los universitarios son materiales importantes en el proceso de formación, considerándolos como la fuente principal en la construcción de conocimientos por parte de los docentes en formación y una guía indispensable en el planteamiento de clases para los docentes en práctica. Siendo estos elementos orientadores que describen la información didácticamente, guiando procesos de enseñanza y aprendizaje (Ramírez, 2003).

De esta manera la desinformación en masa presente en los libros con un carácter escolar o educativo, debido al poco desarrollo de la correspondiente actualización, representa un problema en la enseñanza de conocimientos disciplinares. Recalcando y aclarando que la ineficacia de algunos libros de texto no necesariamente corresponde a un obstáculo tanto en la enseñanza como en el aprendizaje, puesto que la edificación y comprensión de algún tema en específico por ejemplo el mol, está relacionado directamente con la capacidad reflexiva que tenga el sujeto para entender, codificar e interiorizar la información presente en estos.

Hay que tener claridad que los libros de texto implementan un lenguaje propio que les permite desarrollar marcos de lineamientos respecto a la presentación textual de los elementos lingüísticos que lo constituyen. Según Córdova (2012), permite la proyección de recursos necesarios para facilitar los procesos de revisión y modificación de esquemas cognitivos con relación a los conceptos y su evolución.

En síntesis, se puede decir que, la actualización de un libro de texto escolar va más allá del cambio de una definición conceptual por otra con un grado mayor de estructuración. Se debe tener en cuenta los diferentes contenidos que la constituyen, por ejemplo; el proceso que llevó a su reestructuración; los objetivos que guían la redefinición o actualización; la significancia de los elementos lingüísticos; los contenidos procedimentales (experimentación); el contexto y el desarrollo histórico. Permitiendo

establecer una perspectiva holística de un concepto del concepto disciplinar, donde se represente cada una de las relaciones, acciones y sucesos de los elementos lingüísticos que lo constituyen.

#### **4.2. Sinonimia y polisemia**

En la fase 5 se logró identificar que para describir una misma unidad léxica, en este caso al mol, se presenta la implementación de sinónimos respecto a la terminología disciplinar. Esto no genera mayor importancia a simple vista, pues los sinónimos hacen referencia a palabras o expresiones que contemplan similitud en su significado. No representan algún problema, siempre y cuando no se le atribuya una significancia errónea tanto a los mismos como a la demás terminología presente. Si analizamos la implementación de estos en una definición, en este caso la del mol, generalmente el uso de diferentes términos para describir o explicar un mismo concepto puede crear confusión terminológica. Caamaño & Irazoque (2009), establecen que se deben aclarar las equivalencias que presentan los sinónimos implementados en la construcción o elaboración de una estructura textual. Recomendando escoger una de las formas en las que se presenta el concepto, para referirse a él habitualmente. Hay que tener en cuenta a las palabras pertenecientes al campo científico que su significancia se encuentra fijada a un periodo y contexto específicos denominados como polisémicas, pues a pesar de presentar la misma estructura, las relaciones y reflexiones terminológicas varían de acuerdo con el desarrollo de pensamiento establecido para la época en que se las establezca.

De modo que se tiende a confundir a los estudiantes, por lo que, el reto de los docentes de química se centra en potenciar habilidades para que el estudiantado comprenda y maneje el vocabulario de la química, con el objetivo de facilitar los procesos de enseñanza-aprendizaje (Quílez & Quílez 2016). De igual forma buscar ampliar el vocabulario científico, debido a que entre asignaturas afines también se presenta polisemia, haciendo más complejos los procesos de enseñanza.

La reflexión sobre estos antecedentes deja ver que muchas veces no profundizamos en los elementos terminológicos presentes en las definiciones, y mucho menos en las definiciones como la de mol que presenta un alto grado de abstracción. Vislumbrar estos elementos en el aula de clases sería un reto que el docente debe asumir, pues además de permitir al estudiante ampliar su vocabulario, también le brinda herramientas para lograr interpretar y comprender la significancia del mol en cualquier contexto o situación que se presente favoreciendo sus procesos de construcción de conocimientos y, con ello, los procesos de enseñanza-aprendizaje.

#### **4.3. Composición terminológica de las definiciones**

En varias ocasiones se mencionó que la significancia de ciertas palabras depende del uso que se les otorgue, al igual que el contexto textual en el que se encuentren. La variabilidad de significados creados a través de las interacciones de unas palabras con otras genera como ya se observó diversidad en las definiciones



establecidas para el mol. De esta manera, la composición terminológica que se desarrolla en cada una de las definiciones nos permite vislumbrar las relaciones que se crean entre los elementos terminológicos, verbos y preposiciones, con el objetivo de describir o explicar un concepto científico, con fluidez y claridad. Reconocer las interacciones que se presentan entre cada uno de los elementos que constituyen una definición, permitiría además de evitar desligar o fragmentar conceptos importantes en la descripción de mol, reconocer el papel que juega cada uno de ellos en la construcción de esta definición conceptual, enriqueciendo su conocimiento respecto a dichos conceptos.

La interpretación errónea de estas relaciones podría causar obstáculos en la enseñanza de la definición conceptual del mol, debido a que son varios los elementos que giran en torno a ella, de esta manera puede confundir tanto a docentes como al estudiante. En el caso contrario, identificarlas y hacerlas visibles en el aula de clases, además de reconocer los términos presentes en la definición, también permiten la profundización entre cada uno de los elementos, comprendiendo y entendiendo los conceptos con mayor facilidad. Con lo anterior se quiere decir que, a pesar de que reconocer e interpretar el papel que juega cada uno de los elementos presentes en la definición del mol podría catalogarse como tedioso, es un trabajo que se hace necesario para favorecer muchos de los conceptos que giran en torno al mol, dándoles significancia al mismo. Evitando así relacionarlo simplemente con un valor numérico mecanizado al desarrollo de procesos cuantitativos.

#### **4.4. Reestructuración de la definición conceptual del mol**

De esta manera, se podría establecer al grupo relacionado con la última definición correspondiente a la establecida en el 2020, como la indicada para enseñar en aula de clases, ya que es la que posee menos elementos ambiguos; sin embargo, los TCH analizados presentan la definición del mol aislada de una contextualización terminológica, pues considerando que ésta es parte importante de la teoría atómica, es necesaria una descripción que contemple los conceptos que engloban al mol. A continuación, se presentan esquemáticamente los elementos de la definición de mol, el campo disciplinar al que se amoldan entre sí, interconectando relaciones, las cuales aportan fluidez a la hora de enseñar (Figura 2).

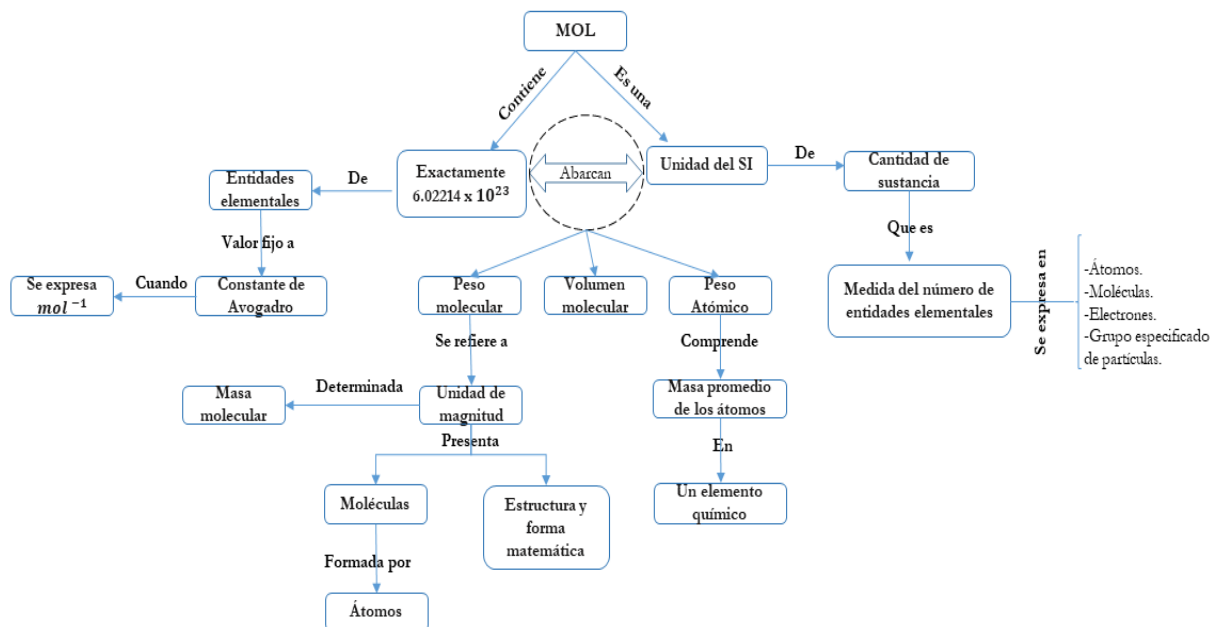


Figura 2. Red estructural de la definición del concepto mol. Fuente: elaboración propia.

Esta construcción realizada a partir de la definición emanada del Bureau International des Poids et Mesures (2019b) del concepto mol, se establecen dos ideas importantes: la primera sobre cómo se entienden los elementos componentes; y la segunda, relativa a los términos que engloban al mol en el campo disciplinar. Esto debido a que con anterioridad no se vislumbra a estos, así como el efecto que puede tener el proceso de redefinición con los mismos.

En relación con la definición de mol se puede decir que, la Constante de Avogadro viene a jugar el papel de factor de conversión entre la magnitud de unidad mol y la cantidad de sustancia, y la magnitud es el conteo de las entidades. Visibilizando su relación, pues una unidad de mol va a contener exactamente  $6.02214 \times 10^{23}$  entidades elementales de un grupo de partículas específicas, lo que implica que  $n$  cuantifica las partículas estableciendo un número fijo e invariable en relación con la constante de Avogadro. El campo disciplinar en el que se encuentra el mol (teoría atómica), permite reconocer la importancia de no desligar o fragmentar la enseñanza del campo disciplinar, ya que, las relaciones que se construyen permitirán su estabilidad en cualquier situación referente a un contexto de la química. Es necesario hacer esta aclaración, porque a pesar de que como se llegó a mencionar la redefinición del mol por su estructuración, la cual permite aclarar elementos terminológicos que la componen, vislumbrando las relaciones terminológicas que posee, cargando de significancia a la misma, sería el planteamiento *ideal*, para la enseñanza del mol en el aula.

Pero al relacionarla con algunos elementos conceptuales del campo disciplinar, se logra apreciar que esta descripción aplica claramente a los procesos de estequiometría, permitiendo establecer algunas de las relaciones cuantitativas que se presentan entre cada uno de los factores de conversión que se desarrollan en el aula. ¿Qué relación se puede establecer entre peso atómico y peso molecular?, Los trabajos de Furió et al. (1999) y Matute et al. (2014), establecen que son conceptos que el docente suele confundir o atribuirse a la cantidad de sustancia como si correspondiera a las mismas necesidades.

Implicando que las relaciones entre peso-masa, molecular-atómica y el mol también deben cambiar. Pero esto no sucede del todo, pues a pesar de que, el desarrollo del proceso de redefinición al fijar al mol a la constante de Avogadro, y el kilogramo con la constante de Planck, se pensaría que estas al ser de carácter proporcional, se fijaría más estrechamente relaciones terminológicas y significativas. Pero sigue estableciendo que, para cuantificar el valor de la masa molar de cualquier átomo o molécula a partir de su masa relativa, se sigue obteniendo a partir de la masa molar del isótopo del carbono 12 (CEM, 2018, BIPM, 2019a).

Cabe resaltar, que éste es uno de los desafíos que se le presentará al docente en el aula de clases. Puesto que, si no se llega a clarificar la relación entre la constante de Avogadro ( $N_A$ ) y la constante de Planck ( $h$ ), de cierta manera no se vislumbra la relación con la masa del carbono 12. Teniendo en cuenta que,  $h$ , denota al producto de  $N_A$  por la constante de Planck. Cuyo valor hace referencia a ambas constantes en forma individual, por lo cual se puede denotar que entre ambas constantes existe una relación básica. Donde la relación entre las constantes surge a partir de la masa de reposo de un electrón. De allí la continuación en el establecimiento de la masa de un átomo o molécula en la masa del  $^{12}\text{C}$ , Pues para esta condición  $N_A$  utiliza la unidad del kg al igual que la masa atómica, siendo posible establecer la relación entre  $N_A$  y masa atómica (Becker & Bettin, 2016, Price, 2011).

Esto involucra conocer bien cada uno de los elementos que giran alrededor de cualquiera que se quiere enseñar, en este caso reconocer cada una de las relaciones que se pueden establecer en la interpretación terminológica de una definición. Por ello se plantea esta propuesta (Figura 2), ya que muchas veces se suele fragmentar o aislar unos conceptos de otros, teniendo en cuenta que de una u otra manera estos llegan a confluír en el campo disciplinar o en el campo científico. Por lo que se convierte en un reto para los docentes, pues deben estructurar nuevos procesos mentales para el desarrollo de este tipo de temáticas. En síntesis, en relación a esta fase, se puede decir que, la mayor implicación que se presenta en la enseñanza de la redefinición del mol, recae en que al igual que está, en que la enseñanza también se debe redefinirse y/o replantearse para poder abordar estos conocimientos. Para lograr esto, el papel que juega el docente es importante en este proceso de transición por así decirlo, ya que este es el que debe replantearse y reflexionar respecto a los procesos mentales desarrollados para concebir al mol.

La redefinición conceptual de mol su enseñanza también debe replantearse, pues este proceso implica nuevas relaciones conceptuales en su composición como se expone con anterioridad. Y con ello transformar los procesos de pensamiento y reflexión, desarrollados tanto por los docentes en formación como los docentes en ejercicio. El proceso de redefinición conceptual de mol nos demuestra que la ciencia y por ende la química se encuentran en constantes transformaciones, a pesar de que este tipo de conceptos por la carga de abstracción y su constante representación a la cuantificación de procesos químicos parecía ser imposible. De esta manera al transmutar la forma que se concibe, se establece y se piensa, consecutivamente las relaciones establecidas respecto a un tema u objeto varían en relación con la nueva forma en la que se conciben los procesos mentales.

Esto implica también reconocer el valor de los TCH, pues estos son la fuente principal para que el profesorado realice procesos reflexivos. Ya que en estos se encuentra codificada la información que nos permite establecer el comportamiento de los elementos terminológicos y conceptuales, en este caso de la definición de mol. Y con ello las herramientas para enfrentarse a una reestructuración de las estrategias de enseñanza. En consecuencia, el papel que juegan los TCH en la enseñanza de mol toma gran relevancia, pues hasta ahora no se encuentra evidencia de este proceso en los libros de textos escolares y universitarios, por lo que son la única fuente para reconocer y conocer acerca del mismo. De igual manera son la fuente más cercana con la que cuentan los docentes respecto al desarrollo histórico de los conceptos desarrollados en el campo disciplinar de la química, por así decirlo. Por consiguiente, la base para el desarrollo de la reformulación de los libros de texto escolares.

## 5. Conclusiones

En relación con el proceso realizado, centrado principalmente en el análisis de la redefinición conceptual de mol con la finalidad de establecer las implicaciones en su enseñanza, se puede concluir que:

Para comprender la estructura que compone una definición, en este caso la del concepto de mol, se debe tener claridad en la terminología utilizada, pues este tipo de conceptos requiere precisión, la cual se encuentra englobada en el lenguaje disciplinar de carácter abstracto.

Al enunciar al mol como una unidad del SI fijada a la constante de Avogadro, desligada de la masa del isótopo 12 del carbono, se podría decir que se suple el obstáculo de la correspondencia con el valor numérico establecido a la  $N_A$ , denominado número de Avogadro. Pero establecer esta reciprocidad y desligar de cierta manera, el nexa  $N_A$  con la masa molar, también implicaría un impedimento en la enseñanza, pues para dicho proceso se sigue teniendo en cuenta los 0.012 kg del 12C. Esto representa ambigüedades respecto a los elementos conceptuales que giran en torno al mol en el campo disciplinar específico e implica nuevas formas de pensar en su enseñanza, donde los textos escolares deben actualizarse

según la nueva definición, revisando los procesos que confluyen en dicha situación, ya que no se puede desligar como un agente individual en el campo disciplinar.

Las relaciones entre los elementos estructurales cambian, pues en esta definición, a diferencia de sus antecesoras se establece y se describe a la cantidad de sustancia como una unidad de medida de las entidades elementales. Esto supone reconocer que la cantidad de sustancia responde a necesidades diferentes que la masa molar, términos que algunos autores detectan como un obstáculo en la enseñanza del mol, debido a explicarlas como similares. El reto que implica este proceso para los educadores se traduce en tres aspectos fundamentales: la divulgación, actualización de libros de texto y reestructuración de procesos reflexivos para comprender este concepto.

El campo de la divulgación es difícil de abarcar por su vastedad, en esta amplitud es muy escasa la información disponible y orientada a la enseñanza del proceso de definición de mol, por el contrario, los estudios sobre el tema, enfrascados en la especificidad, tienden una brecha a los docentes en formación y en ejercicio.

Por consiguiente, la formación docente, en concordancia con los procesos evolutivos de los conceptos surten los cambios que se deben generar en la enseñanza del mol, lo que en último término será observable en la educación básica secundaria.

El proceso de la redefinición conceptual de mol requiere la actualización del material didáctico utilizado en el aula de clases, puesto que se traduce en la guía principal y apoyo en el proceso de enseñanza-aprendizaje, por lo cual estos recursos deben ser claros y comprensibles, tanto para el docente como para los estudiantes.

## Anexo 1

### TCH seleccionados para el análisis

Código	Título	Autor	Tipo de texto.	Idioma	Año
Def.1: El mol es la cantidad de materia de un sistema que contiene tantas entidades como hay átomos en 0.012 kilogramos de carbono 12; su símbolo es mol	Sistema internacional de medidas SI.	Bureau International des Poids et Mesures	Revista	Español	2000
Def.2: El mol es la cantidad de materia de un sistema que contiene tantas entidades como hay átomos en 0.012 kilogramos de carbono 12; su símbolo es mol	Sistema internacional de medidas SI	Centro Español de Metrología	Revista	Español	2006
Def.5: El "mol", de símbolo mol, es la unidad de "cantidad de sustancia" de una entidad primaria especificada, que puede ser un átomo, ion, electrón, cualquier otra partícula, o grupo de tales partículas; su magnitud se establece fijando el valor numérico de la "constante" de Avogadro para ser igual a exactamente $6.02214 \times 10^{23}$ cuando se expresa en la unidad mol <sup>-1</sup>	A skeptic's review of the New SI	Price	Artículo	Inglés	2011
Def.6: El mol es la unidad de cantidad de sustancia de una entidad elemental específica, que puede ser un átomo, molécula, ion, electrón, cualquier otra partícula o un grupo específico de tales partículas; su magnitud se establece fijando el valor numérico de la constante de Avogadro para que sea exactamente igual a $6.02214 \times 10^{23}$ cuando se expresa en la unidad mol <sup>-1</sup>	A new definition for the mole based on the Avogadro constant: a journey from physics to chemistry	Milton	Artículo	Inglés	2011

Def.9: El mol, de símbolo mol, es la unidad del SI de cantidad de sustancia de una entidad elemental especificada, que puede ser un átomo, molécula, ion, electrón, cualquier otra partícula o un grupo específico de tales partículas; su la magnitud se establece fijando el valor numérico de la constante de Avogadro	The BIPM and the Meter Convention	Bureau International des Poids et Mesures	Informe	Inglés	2019a
Def.11: El mol, de símbolo mol, es la unidad SI de cantidad de sustancia de una entidad elemental específica, que puede ser un átomo, molécula, ion, electrón, cualquier otra partícula o un grupo específico de tales partículas. Se define tomando el valor numérico fijo de la constante NA de Avogadro como $6.02214 \times 10^{23}$ cuando se expresa en la unidad mol <sup>-1</sup>	The International System of Units (SI)	Bureau International des Poids et Mesures	Informe	Inglés	2019b
Def.13: El mol es la unidad de la cantidad de sustancia de un sistema que puede estar por partículas individuales como átomos, moléculas iones o electrones. Queda definida a través de la constante de Avogadro = $6.02214 \times 10^{23}$ mol <sup>-1</sup>	Cambio de paradigma en el Sistema Internacional de Unidades (SI)	Scharf & Middelman	Revista	Español	2016
Def.14: El mol es la cantidad de materia de un sistema que contiene tantas entidades como hay átomos en 0.012 kilogramos de carbono 12; su símbolo es mol	Sistema de unidades de medidas SI	Centro Español de Meteorología	Artículo	Español	2016

<p>Def.17 El mol, de símbolo mol, es la unidad SI de cantidad de sustancia. Un mol contiene exactamente <math>6.02214 \times 10^{23}</math> entidades elementales. Este número es el valor numérico fijo de La constante de Avogadro, <math>N_A</math>, cuando se expresa en la unidad mol<sup>-1</sup> y se llama número de Avogadro". Y que "La cantidad de sustancia, de símbolo n, de un sistema es una medida del número de entidades específicas elementales. Una entidad elemental puede ser un átomo, una molécula, un ion, un electrón, cualquier otra partícula o grupo de partículas especificado</p>	Resolutions adopted	General Conference on Weights and Measures	Informe	Inglés	2018
<p>Def.18: El mol, de símbolo mol, es la unidad SI de cantidad de sustancia. Un mol contiene exactamente <math>6.02214 \times 10^{23}</math> entidades elementales. Este número es el valor numérico fijo de La constante de Avogadro, <math>N_A</math>, cuando se expresa en la unidad mol<sup>-1</sup> y se llama número de Avogadro". Y que "La cantidad de sustancia, de símbolo n, de un sistema es una medida del número de entidades específicas elementales. Una entidad elemental puede ser un átomo, una molécula, un ion, un electrón, cualquier otra partícula o grupo de partículas especificado</p>	A concise summary of the International System of Units, SI	Bureau International des Poids et Mesures	Revista	Inglés	2007



<p>Def.19: El mol, de símbolo mol, es la unidad SI de cantidad de sustancia. Un mol contiene exactamente <math>6.02214 \times 10^{23}</math> entidades elementales. Este número es el valor numérico fijo de La constante de Avogadro, <math>N_A</math>, cuando se expresa en la unidad mol<sup>-1</sup> y se llama número de Avogadro". Y que "La cantidad de sustancia, de símbolo n, de un sistema es una medida del número de entidades específicas elementales. Una entidad elemental puede ser un átomo, una molécula, un ion, un electrón, cualquier otra partícula o grupo de partículas especificado</p>	Revisión del SI: Un SI para el siglo XXI	Centro Español de Meteorología	Revista	Español	2018
<p>Def.20: El mol, de símbolo mol, es la unidad SI de cantidad de sustancia. Un mol contiene exactamente <math>6.02214 \times 10^{23}</math> entidades elementales. Este número es el valor numérico fijo de La constante de Avogadro, <math>N_A</math>, cuando se expresa en la unidad mol<sup>-1</sup> y se llama número de Avogadro". Y que "La cantidad de sustancia, de símbolo n, de un sistema es una medida del número de entidades específicas elementales. Una entidad elemental puede ser un átomo, una molécula, un ion, un electrón, cualquier otra partícula o grupo de partículas especificado</p>	The BIPM and the Meter Convention	Bureau International des Poids et Mesures	Informe	Inglés	2019

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Ayala, M. (2006). Los análisis histórico-críticos y la recontextualización de saberes científicos. Construyendo un nuevo espacio de posibilidades. *Pro-Posições*, 17(49), 19-37. [https://fe-old.fe.unicamp.br/pf-fe/publicacao/2343/49\\_dossie\\_ayalammam.pdf](https://fe-old.fe.unicamp.br/pf-fe/publicacao/2343/49_dossie_ayalammam.pdf)
- Becker, P., & Bettin, H. (2016). Contando átomos para masa y cantidad de sustancia. *Experimentos para el nuevo SI, Redaktion der PTB Mitteilunge*, (2), 63-79. [https://www.ptb.de/cms/fileadmin/internet/publikationen/ptb\\_mitteilungen/mitt2016/Heft2/PTB-Mitteilungen\\_2016\\_Heft\\_2\\_secEdit.pdf](https://www.ptb.de/cms/fileadmin/internet/publikationen/ptb_mitteilungen/mitt2016/Heft2/PTB-Mitteilungen_2016_Heft_2_secEdit.pdf)
- Bureau International des Poids et Mesures. (2000). El sistema internacional de unidades SI. <http://www.aefa.es/wp-content/uploads/2014/04/Sistema-internacional-de-unidades.pdf>
- (2007). A Concise Summary of the International System of Units, the SI. *Measurement and Control*, 40(2), 50-53. <https://doi.org/10.1177/002029400704000206>
- (2019a) The BIPM and the Meter Convention. <https://www.bipm.org/documents/20126/41483022/SI-%20Brochure-9-EN.pdf/2d2b50bf-f2b4-9661-f402-5f9d66e4b507>
- (2019b). The International System of Units (SI). <https://cutt.ly/hvFB4Rb>
- Cabrera, H. G. (2016). Aportes a la enseñanza de la química a partir de un estudio histórico filosófico de la experimentación asociada a la combustión para profesores en formación inicial [Tesis doctoral]. Universidad del Valle, Santiago de Cali, Colombia. <https://bibliotecadigital.univalle.edu.co/bitstream/handle/10893/9602/9405-0525503.pdf?sequence=1>
- Caamaño, A. (2013). El carácter interpretativo del lenguaje científico. *Textos de didáctica de la lengua y la literatura*, (64), 9-22. <https://www.grao.com/es/producto/el-caracter-interpretativo-del-lenguaje-cientifico>

- (1998). Problemas en el aprendizaje de la terminología científica. *Alambique. Didáctica de las ciencias experimentales*, (17), 5-10.

Caamaño, A., & Irazoque, G. (2009). La enseñanza y el aprendizaje de la terminología química: magnitudes y símbolos. *Educación Química EduQ*, (3), 46-55.  
<https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=3702978>

Cabrera, H. G. (2016). *Aportes a la enseñanza de la química a partir de un estudio histórico filosófico de la experimentación asociada a la combustión para profesores en formación inicial* [Tesis doctoral]. Universidad del Valle, Santiago de Cali, Colombia.  
<https://bibliotecadigital.univalle.edu.co/bitstream/handle/10893/9602/9405-0525503.pdf?sequence=1>

Centro Español de Metrología. (2006). *El sistema internacional de unidades SI*. (8ª Ed.).  
<https://www.cem.es/sites/default/files/siu8edes.pdf>

Centro Español de Metrología. (2018). *Revisión del SI: Un SI para el siglo XXI*.  
[https://www.cem.es/sites/default/files/2021-01/52344\\_RevisionDelSi\\_Linea.pdf](https://www.cem.es/sites/default/files/2021-01/52344_RevisionDelSi_Linea.pdf)

Córdova, D. (2012). El texto escolar desde una perspectiva didáctico/pedagógica, aproximación a un análisis. *Investigación y Postgrado*, 1(27), 195-222.  
<https://www.redalyc.org/pdf/658/65838676007.pdf>

Flick, U. (2004). *Introducción a la investigación cualitativa*. Morata.

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.  
<https://core.ac.uk/download/pdf/38990699.pdf>

- (1999). Dificultades conceptuales y epistemológicas del profesorado en la enseñanza de los conceptos de cantidad de sustancia y de mol. *Enseñanza de las ciencias*, 17(3), 359-376.  
<https://doi.org/10.5565/rev/ensciencias.4067>

García, L. (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.  
<https://analesdequimica.es/index.php/AnalesQuimica/article/view/54>

General Conference on Weights and Measures. (2018). *Resolutions adopted, On the revision of the International System of Units (SI)*. (26ª Ed.). BIPM.

Gómez, R. (2004). Las unidades léxicas en español. *Carabela*, (56), 27-50.  
<https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=7133613>

Latorre, A., del Rinón, D., & Arnal, J. (1996). *Bases metodológicas de la investigación educativa*. Gràfiques.

Matute, S., Capote, T., & Montilla, Y. (2014). Concepciones de los profesores acerca del concepto mol. *Revista Educación y Humanismo*, 16(27), 106-123. <http://revistas.unisimon.edu.co/index.php/educacion/article/view/2337>

Milton, M. J. (2011). A new definition for the mole based on the Avogadro constant: A journey from physics to chemistry. *Philosophical Transactions of the Royal Society A: Mathematical, Physical and Engineering Sciences*, 369(1953), 3993-4003. <https://doi.org/10.1098/rsta.2011.0176>

Padilla, K., Furió C., & Azcona R. (2005). Las visiones deformadas de la ciencia en la enseñanza universitaria de los conceptos de cantidad de sustancia y mol. *Enseñanza de las ciencias*, (Núm extra). <https://ddd.uab.cat/record/80201?n=en>

Price, G. (2011). A skeptic's review of the New SI. *Accreditation and Quality Assurance*, 16(3), 121-132. <https://doi.org/10.1007/s00769-010-0738-x>

Quílez, J., & Quílez, A. (2016). Clasificación y análisis de los problemas terminológicos asociados con el aprendizaje de la química: obstáculos a superar. *Revista Eureka sobre Enseñanza y divulgación de las Ciencias*, 13(1), 20-35. <https://revistas.uca.es/index.php/eureka/article/view/2950>

Ramírez, T. (2003). El texto escolar: una línea de investigación en educación. *Revista de Pedagogía*, 24(70), 273-292. [http://ve.scielo.org/scielo.php?pid=S0798-97922003000200003&script=sci\\_abstract](http://ve.scielo.org/scielo.php?pid=S0798-97922003000200003&script=sci_abstract)

Scharf, R., & Middelmann T. (2016). Cambio de paradigma en el Sistema Internacional de Unidades (SI). Experimentos para el nuevo SI, *PTB Mitteilunge*, 126(2), 5-15. <https://oar.ptb.de/files/download/59e08f5d4c91849c2260b8f2>

Wellington, J., & Osborne J. (2001). *Language and literacy in science education*. Prensa Universitaria Abierta.

### **Datos de correspondencia**

---

Ilce Lourdes Chaspuengal Recalde

Universidad del Valle

Santiago de Cali, Colombia.

Dirección postal: 760034

Reserach ID: <https://orcid.org/0000-0002-9198-509X>

Email: [Ilce.chaspuengal@correounivalle.edu.co](mailto:Ilce.chaspuengal@correounivalle.edu.co)

