

EJE TEMÁTICO: Investigaciones educativas sobre enseñanza y aprendizaje de la Química

**MODELADO DE RESOLUCIÓN DE PROBLEMAS DE QUÍMICA: CARACTERIZACIÓN DE PROBLEMAS**

**Vanessa Alvarez<sup>2 y 3</sup>, Zulma E. Gangoso<sup>1 y 2</sup>, Cristián G. Sánchez<sup>3</sup>**

- 1- Facultad de Matemática, Astronomía y Física, Universidad Nacional de Córdoba, Av. Medina Allende s/n, Ciudad Universitaria, Córdoba, Argentina.
- 2- Instituto de Física Enrique Gaviola (IFEG) – CONICET, Av. Medina Allende s/n, Ciudad Universitaria, Córdoba, Argentina.
- 3- Facultad de Ciencias Químicas, Universidad Nacional de Córdoba, Av. Medina Allende y Haya de la Torre, Ciudad Universitaria, Córdoba, Argentina.

E-mail: [valvarezcba@gmail.com](mailto:valvarezcba@gmail.com)

### **Resumen**

En el marco de una visión actual del conocimiento de la Química, se estudian características de situaciones presentadas como problemas en cursos básicos a nivel superior. Se usa el constructo visualización, entendido como representación que lleva en sí la intención comunicativa. Se analizan tipos de visualización en dos tópicos de Química básica y se discuten implicaciones para la enseñanza y aprendizaje.

**Palabras clave:** Nivel Universitario - Resolución de Problemas - Visualización

### **Introducción y Objetivos**

La Resolución de Problemas es una de las áreas más investigadas en la enseñanza de las Ciencias Experimentales. Además es una de las tareas habitualmente utilizada para evaluar las competencias adquiridas. Resolver un problema es un proceso complejo, demanda de los estudiantes la activación y el desarrollo de habilidades cognitivas específicas que le permitan la comprensión del mismo y la generación de estrategias para su resolución. Para el nivel universitario, el desarrollo de dichas habilidades tiene una importancia crítica, ya que un desarrollo deficiente de estas destrezas podría ser un obstáculo determinante de la continuidad o no del estudiante. Los cursos básicos de Química no son excepción a esto y puede ser evidenciado en las altas tasas de repitencia y abandono en las etapas iniciales de la carrera. Las habilidades de construcción y utilización de las visualizaciones son centrales en el proceso de aprendizaje en estas áreas. Cabe suponer que esto pueda ser uno de los obstáculos con los que se encuentran los estudiantes de las carreras de primer año en Ciencias.

En este sentido, esta presentación estudia algunas características de las situaciones presentadas como problemas en cursos básicos de Química a nivel superior, los tipos de visualizaciones utilizados en ellos y discutir algunas de las implicancias de este análisis para la enseñanza y aprendizaje de dichos cursos.

### **Antecedentes y Fundamentos**

Este trabajo, se enmarca en un proyecto de tesis doctoral y pretende profundizar estudios desarrollados en el área de Resolución de Problemas de Física. Se utiliza como antecedente teórico un modelo para la comprensión de la Resolución de Problemas en Física [1].

En cuanto a la Resolución de Problemas en Química diversos estudios se han realizado proponiendo diferentes tipos de problemas como factores explicativos del desempeño en la resolución de problemas: problemas del tipo algorítmicos, conceptuales o abiertos [2]; problemas basados en los datos dados, el método utilizado y las metas planteados en el problema [3]; según las habilidades cognitivas que demande la resolución del problema [4].

Diversos autores señalan la importancia que tuvo en los últimos 25 años la propuesta de Johnstone (1982) como marco teórico de investigaciones en educación, en el trabajo de profesores de Química, el currículum, etc [5]. El autor sugiere que el conocimiento de la Química y la comprensión del mundo es generado, expresado, enseñado y comunicado en tres niveles tradicionalmente llamados macroscópico, sub-microscópico y simbólico, posteriormente llamado "Triplete de la Química". Los niveles se asocian a los vértices de un triángulo y cada nivel tendría características diferentes no sólo ontológicamente sino también en cuanto a posibilidades de explicar.

Sin embargo, trabajos recientes apelan a una revisión más profunda de las características del conocimiento en Química [6]. Talanquer propone caracterizar el conocimiento en Química, según tres "tipos" principales relevantes para la enseñanza: Empírico, Modelos, Signos visuales. A su vez, dicho conocimiento puede ser enmarcado en diferentes dimensiones, abordajes o escalas.

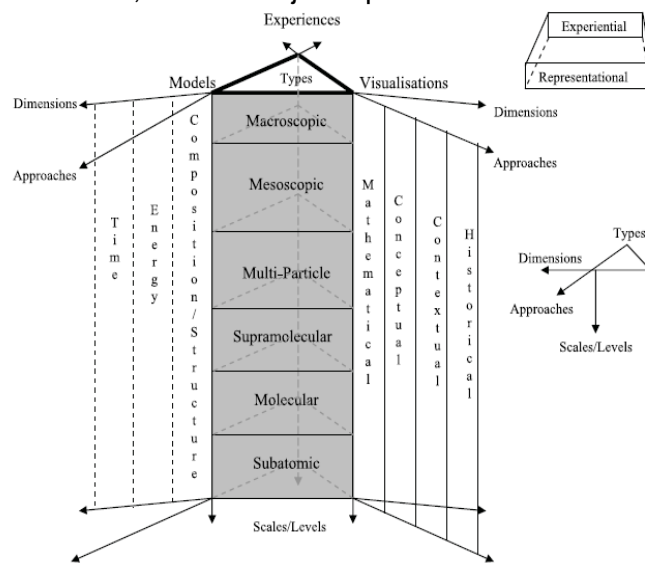


Figure 1. Chemistry knowledge space. The image represents a multi-dimensional space defined by the different scales/levels, dimensions, and approaches in which each of the three main knowledge types (experiences, models, and visualisations) can be conceptualised

Figura 1: Espacio de conocimiento de la Química [6].

Paralelamente, se han desarrollado diferentes investigaciones focalizadas en comprender el rol de la visualización en la instrucción y resolución de problemas en Química. Se demuestra que un déficit en el desarrollo de las habilidades visuales-espaciales dificulta el proceso de resolución de problemas [7]. Halpern y Collaer apuntan que el desarrollo de éstas habilidades ha sido largamente ignorado en la educación [8]. Un desarrollo de las competencias representacionales o de la habilidad para transformar una visualización a otra, es crítico para la comprensión y un desempeño exitoso en la resolución de problemas en Química. Las competencias representacionales dependen de una manipulación significativa y hábil de los modelos y la visualización [9].

En bibliografía se encuentran variadas conceptualizaciones sobre el término visualización. En este trabajo se hará uso de la definición propuesta por Arcavi, quien la define como *la capacidad, el proceso y el producto de la creación, interpretación, uso y reflexión sobre figuras, imágenes, diagramas, etc. en nuestra mente, sobre el papel o con herramientas tecnológicas con el propósito de representar y comunicar información, pensar y desarrollar ideas y avanzar la comprensión*. La visualización es una representación que tiene en si una intención marcada por quien la diseña para lograr algún propósito en el otro [10].

Además, se sabe que para alcanzar la comprensión profunda de algún concepto es necesaria la construcción de una red cognitiva en la cual hay nodos vinculados entre sí. La enseñanza debiera enriquecer la red con nuevos nodos y relacionarlos con los anteriores. Esto permite al alumno una imagen mental rica del concepto, lo cual le permite darle sentido al concepto y analizarlo desde diferentes puntos de vista, esto lleva a una comprensión profunda por parte del alumno del concepto

en cuestión. La visualización es parte de este proceso y su uso debería ser motivo de reflexión de los docentes y los alumnos [11].

Otro supuesto de esta investigación, es que el enunciado del problema es una de las variables más factibles de manipular por parte del profesor. Por tanto, avances en el conocimiento de características de los enunciados y procesos podría ser camino fructífero para orientar cambios en la instrucción.

### Descripción del diseño de investigación y resultados

Se categorizan problemas de Termoquímica y Equilibrio Químico correspondientes a cursos de Química General. Estos cursos son comunes a las carreras ofrecidas en una Univesidad Nacional. Se utiliza como criterio de clasificación las características del espacio de conocimiento multi-dimensional en Química propuesto por Talanquer [6]. Los sub-items de cada problema, se analizan de manera independiente. Se muestran los resultados en los gráficos a continuación (Gráf. 1 y 2

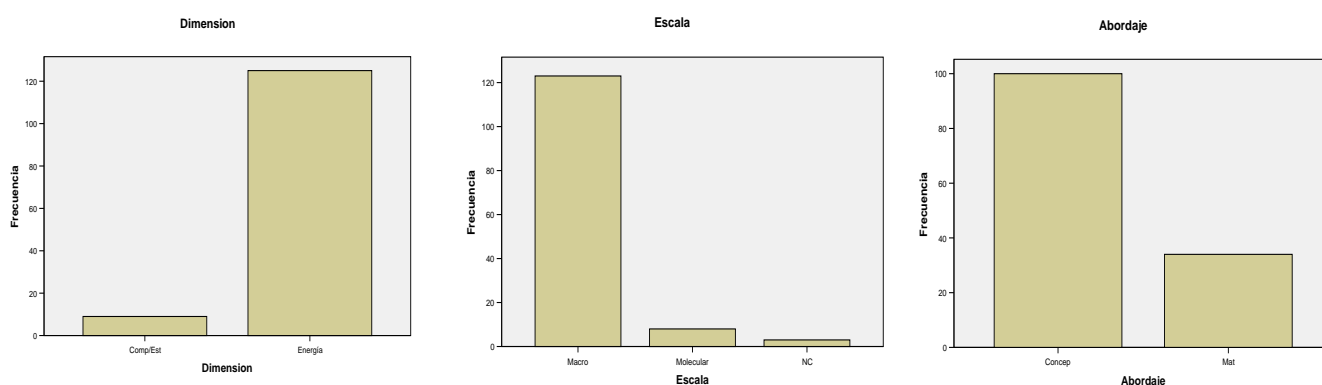


Gráfico 1: Distribuciones de frecuencias de las variables Dimensión, Escala y Abordaje de problemas de Termoquímica.

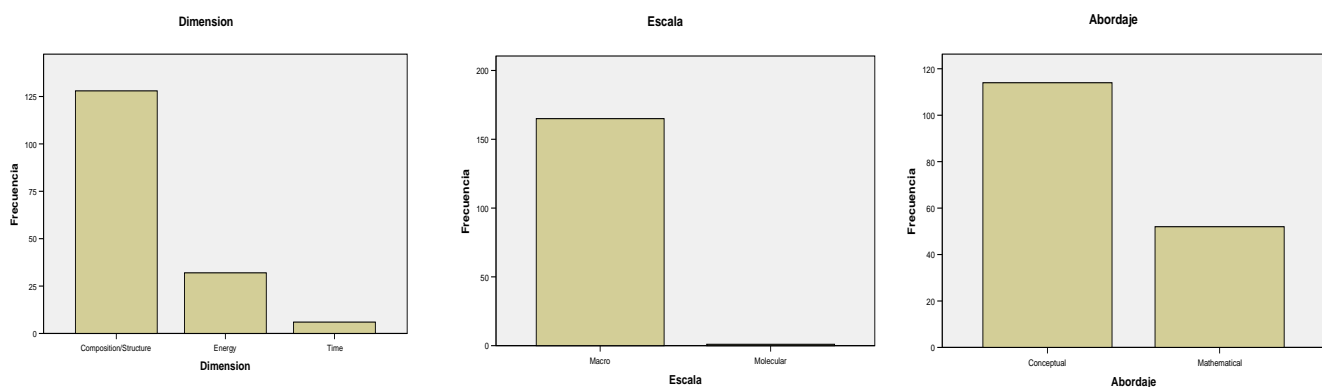


Gráfico 2: Distribuciones de frecuencias de las variables Dimensión, Escala y Abordaje de problemas de Equilibrio Químico.

De los enunciados analizados se encuentran regularidades en las variables *escala*, *abordaje* y *dimensión*. Se observa que la mayoría de los problemas están enfocados desde la *dimensión* Energía y Composición/Estructura y en *escala* Macroscópica; esto se atribuye a que tanto la Termoquímica y Equilibrio Químico son teorías que están definidas para sistemas macroscópicos. La variable *abordaje* está íntimamente relacionada con decisiones didácticas planteadas por los profesores en el armado de la guía de estudio. En este sentido, se deduce desde los problemas presentados el interés

del profesor de buscar que el alumno utilice definiciones conceptuales y formalizaciones matemáticas para predecir, explicar y relacionar las situaciones Químicas que se proponen.

En particular, del análisis de la variable *tipo de conocimiento* se concluye que la visualización, en todas las formas posibles que describe la propuesta teórica, ocupa un rol central en la solución de la mayoría de los problemas examinados. Cabe aclarar que en todos los casos existe un modelo teórico o un conjunto de definiciones conceptuales vinculadas con las visualizaciones utilizadas en la resolución del problema. Esta interacción entre las definiciones conceptuales y la visualización se evidencia en los problemas estudiados y no es posible por lo tanto categorizarlos en problemas donde se resuelvan solamente utilizando componentes teóricos o solo visualización. Más bien, se podría pensar un carácter híbrido entre los modelos teóricos y la visualización en la solución de los problemas, que dan lugar a un escenario de resolución planteado por los profesores.

Como conclusión parcial de esta etapa del estudio se deduce que en todos los problemas analizados está presente la visualización, ligada a un modelo conceptual, como elemento esencial del proceso de resolución. Por lo tanto, se estudió qué tipos de visualizaciones se utilizan en problemas de Equilibrio Químico. Los tipos y frecuencias de visualizaciones utilizados en dichos problemas se muestran a continuación (Gráf. 3).

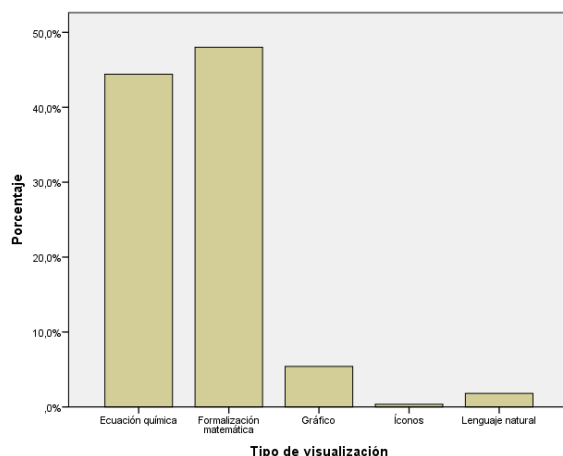


Gráfico 3: Distribuciones de frecuencias y tipos de visualizaciones encontradas en problemas de Equilibrio Químico (Química General).

Se observa que los tipos de visualizaciones que se utilizan son ecuación química, formalización matemática, gráficos de coordenadas, íconos y lenguaje natural, donde mayoritariamente se usan los dos primeros. Se puede decir que se presenta a los alumnos problemas donde se busca el aprendizaje de herramientas representacionales ligadas al uso de formalizaciones algorítmicas de la ecuación Química. No se observan, en iguales proporciones, problemas que generen representaciones con distintos grados de abstracción. Es decir, no se encontraron problemas donde se trate el concepto de equilibrio químico en diferentes contextos utilizando diferentes tipos de visualizaciones, desde visualizaciones ligadas al lenguaje natural o al mundo hasta la formalización matemática. En este sentido, parecería que dentro de temas como equilibrio Química en el curso estudiado, los problemas están enfocados a desarrollar habilidades representacionales ligadas a cuestiones metodológicas del tema y no a cuestiones conceptuales relacionadas al fenómeno químico que se pretende que los alumnos comprendan.

El mismo análisis se realizó en un conjunto de problemas de Química Orgánica, ya que en la mayoría de los temas que se tratan en este espacio curricular las reacciones químicas, sus mecanismos y la estructura de los compuestos son protagonistas. Se eligió para analizar un conjunto de problemas de Halogenuros de Alquilo. Los tipos de visualizaciones que se encontraron fueron lenguaje natural,

dibujos de partículas, esquemas, gráficos de coordenadas, símbolos, ecuaciones químicas, mecanismos de reacción y formalización matemática (Gráf. 4).

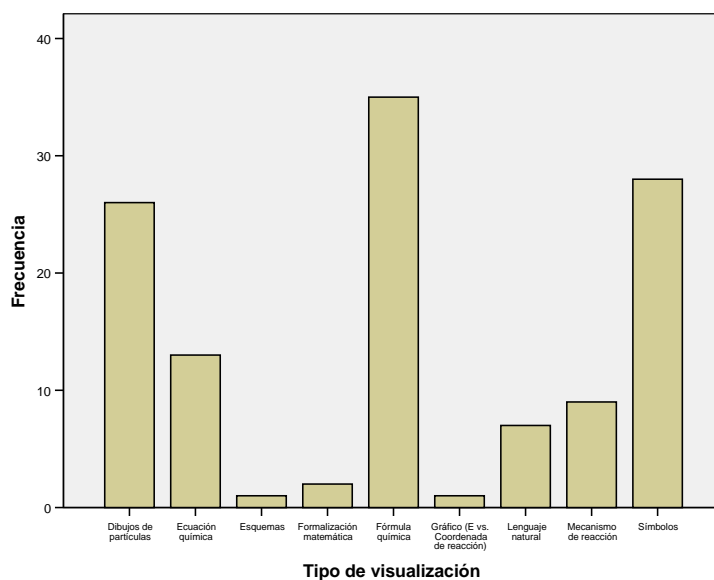


Gráfico 4: Distribuciones de frecuencias y tipos de visualizaciones encontradas en problemas de Halogenuros de Alquilo (Química Orgánica).

Claramente, hay mayor variedad en el tipo y el grado de abstracción de las visualizaciones usadas en temas de Química Orgánica respecto a las usadas para temas de Química General. Por otro lado, si bien la distribución entre las visualizaciones encontradas no es equitativa, hay mayor distribución de frecuencias en ellas y se encuentra una minoría de problemas donde lo que se busca del alumno es algún tipo de formalización matemática. En este caso, de acuerdo a lo estudiado, se busca que el alumno comprenda en términos de conceptos químicos que es lo que fundamenta la situación planteada.

Los problemas analizados en Química General en este caso, no parecen favorecer una comprensión profunda de Equilibrio Químico. Más bien se orientan a lograr en el alumno un buen manejo de herramientas metodológicas que usa la Química para estudiar diversos fenómenos. Por otra parte, los problemas de Química Orgánica, utilizan visualizaciones que enfrentan al alumno con diferentes contextos de conceptos relacionados con Halogenuros de Alquilo, promoviendo la comprensión de los fundamentos que explican las situaciones planteadas por los problemas. Demanda por parte del alumno conocer el modelo conceptual (definiciones, propiedades, etc), conocer diferentes visualizaciones y manejar las reglas para sus transformaciones y conocer cuál visualización es la apropiada para explicar la propiedad o concepto que se intente comprender.

### Conclusiones

De los problemas analizados de Química General se concluye que se busca desarrollar en los alumnos habilidades del tipo metodológicas, ligadas sobre todo a alcanzar algún tipo de formalización matemática de la ecuación química. Lo contrario se encuentra en los problemas analizados de Química Orgánica, se busca que el alumno trabaje con diferentes tipos de visualizaciones y logre comprender los conceptos químicos que dan fundamento al problema.

Este estudio sugiere que diferentes tipos de visualizaciones tienen objetivos diferentes, por lo tanto desde la enseñanza sería importante reflexionar sobre qué es lo que como profesor se pretende que

comprendan los alumnos a partir de la visualización que se le plantea. Aceptando que la comprensión involucra cambios de representación, parecería conveniente trabajar con diferentes tipos de visualizaciones. Así se aumentaría de manera progresiva su nivel de abstracción y lograr que el alumno vaya vinculando las diferentes visualizaciones para avanzar en una comprensión profunda del concepto químico que se pretende enseñar.

Una de las perspectivas que abre este trabajo es estudiar si existe relación entre distintas visualizaciones y desempeño y si esto estaría ligado al nivel de instrucción en Química.

### Referencias Bibliográficas

- [1] Gangoso Z. Coleoni E. Buteler L., Gattoni A. (2004). *"El proceso de resolución de problemas en Física"* Actas II Jornadas de Investigación en Resolución de Problemas en Física. Córdoba.
- [1] Truyol, M.E. & Gangoso, Z. (2006). *"Resolución de Problemas en Física Básica: algunos factores explicativos de desempeño"*. Trabajo Especial de Licenciatura en Física. FaMAF – UNC. T.E.F TRUr – Inventario nº 18198 – Biblioteca FaMAF.
- [1] Truyol, M.E. & Gangoso, Z. (2009). *Resolución de Problemas y Representaciones: un estudio sobre indicadores*.
- [1] Truyol, M. E. (2012) *Comprensión y Modelado en la Resolución de Problemas en Física*. Tesis Doctoral. Biblioteca FaMAF – UNC.
- [2] Surif, J; Ibrahim, N. H and Dalim, S. F.. *Problem Solving: Algorithms and Conceptual and Open-Ended Problems in Chemistry*. Procedia-Social and Behavioral Sciences. Vol 116, 2014, pp 4955-4963.
- [3] Johnstone, A.H. (1993) *Creative Problem Solving*, C.A. Wood, Royal Society of Chemistry, London.
- [4] Dávila, Kariluz and Talanquer, Vicente. *Classifying End-of-Chapter Questions and Problems for Selected General Chemistry Textbooks Used in the United States*. Chemical Education Research. Vol 87 Nº 1, January 2010, pp 97-101.
- [5] Gilbert, J. K et all (2008) *Visualization: Theory and Practice in Science Education*. Springer, Vol 3 Chapter1, pp 3-24.
- [5] Harle, Marissa and Towns, Marcy (2011) *A Review of Spatial Ability Literature, Its Connection to Chemistry, and Implications for Instruction*. Chemical Education Research. Vol 88 Nº 3, pp 351-360.
- [5] [6] Talanquer, Vicente. (2011) *Macro, Submicro and Symbolic: The many faces of the chemistry "triplet"*. International Journal of Science Education. Vol 33 Nº 2, pp 179-195.
- [7] Chiu, Jennifer L. And Linn, Marisa C. (2008) *A Supporting Knowledge Integration in Chemistry with a Visualization-Enhanced Inquiry Unit*. J Sci Educ Technol. Springer.
- [8] Harle, Marissa and Towns, Marcy. (2011) *A Review of Spatial Ability Literature, Its Connection to Chemistry, and Implications for Instruction*. Chemical Education Research. Vol 88 Nº 3, pp 351-360.
- [9] Kozma, R. B., & Russell, J. (1997) *Multimedia and understanding: Expert and novice responses to different representations of chemical phenomena*. Journal of Research in Science Teaching, 34(9), 949–968.
- [10] [11] Blanca Souto-Rubio. (2012) *Visualizing Mathematics at University? Examples from Theory and Practice of a Linear Algebra Course*. 12th International Congress on Mathematical Education, COEX, Seoul, Korea