

CINÉTICA QUÍMICA Y ANALOGÍAS

UN ANÁLISIS DE LAS PROPUESTAS DE ENSEÑANZA

Bender, G.¹; Cutrera, G.²; Defago, A.¹

¹ *Ciclo Básico Común (Universidad de Bs. As.)*

² *Facultad de Ciencias Exactas (Universidad Nacional de Mar del Plata)*

INTRODUCCIÓN

Un supuesto altamente consensuado en los procesos de enseñanza-aprendizaje en ciencias naturales radica en relacionar los conceptos y contenidos abstractos con la realidad concreta y cotidiana. Investigaciones en el ámbito de la psicología y las ciencias cognitivas, indican que apropiarse de cualquier aspecto de la realidad supone poder elaborar una “representación” del mismo, es decir, construir un modelo mental de esa realidad (Izquierdo, 1999; Dagher, 1995). El modelo está presente en nuestra vida cotidiana, científica y escolar, y facilita la comprensión y el entendimiento de los mensajes que se reciben desde los diferentes campos. En este contexto, son de especial importancia, los modelos en la Didáctica de las Ciencias y, en particular, las analogías (Dagher, 1995; Treagust, 1992).¹

Cualquier analogía que se plantee, por muy sugerente y útil que sea, presenta relaciones comunes entre el objeto y el análogo, pero también relaciones que difieren de un fenómeno a otro. Estas ocasiones se podrían canalizar transformándolas en invitaciones a los alumnos a la reflexión y desarrollo de su espíritu crítico. A continuación mostramos los resultados de la revisión de algunos textos escolares pertenecientes al nivel Polimodal y de textos universitarios y textos escolares utilizados en la educación media (estos últimos, empleados durante las décadas del `80 y `90, previo a la implementación de la Reforma Educativa en la Pcia. de Buenos Aires.

LAS ANALOGÍAS EN LOS TEXTOS ESCOLARES

En las tablas mostradas a continuación (tablas 1 y 2), presentamos una síntesis de la revisión de los textos escolares indagados.

Textos	Contenidos	Comentarios
Química 1. Fundamentos Aldabe, Aramendia, Lacreu Ed. Colihue. 2000	Velocidad de las reacciones químicas. Medición de la velocidad de una reacción. Las reacciones a nivel molecular. Ecuación de velocidad. Determinación experimental de la ecuación de velocidad. Velocidad y temperatura. Ecuación de Arrhenius. Catálisis.	Presenta una analogía para poner de manifiesto la diferencia entre velocidad de reacción y ecuación de velocidad (plantea que es análoga a la diferencia entre la velocidad de un automóvil y conocer las causas que la determinan).
Química 1. Ed. Santillana.	Velocidad de las reacciones químicas. Factores que afectan la velocidad de una reacción. Teoría de las colisiones y energía de activación. Los catalizadores químicos. Las enzimas: catalizadores biológicos. La acción de las enzimas.	No recurre a analogías. Desarrolla "Cinética química" luego de "Equilibrio químico".
Química Chandías, Weitz Editorial Kapelusz. 2004	Velocidad de las reacciones químicas. ¿Qué pasa entre las sustancias que reaccionan? (Energía de activación). ¿Podemos medir la velocidad de una reacción? ("Observemos la velocidad de una reacción") Influencia en el grado de división. Influencia de la temperatura. Catalizadores. Naturaleza de los reactivos. Influencia de la luz.	No recurre a analogías.
Química Candás, Fernández, Gordillo, Wolf Ed. Estrada 2004	Velocidad de reacción. Cómo se expresa la velocidad de una reacción. La constante de velocidad de una reacción. La teoría de las colisiones. La teoría del complejo activado. Mecanismo de una reacción. Cómo modificar la velocidad de una reacción	Cuando trata "Las enzimas: catalizadores biológicos" propone la analogía entre la relación enzima-sustrato y la llave y la cerradura.

Tabla 1. Contenidos de Cinética Química en textos de la asignatura Química del nivel Polimodal. Pcia. de Buenos Aires.

Texto	Contenidos	Comentarios
Química General e Inorgánica 4° año Bachillerato Romo, Peré Editorial Stella. 4ta Edición. 1978	Velocidad de reacción. Factores que afectan la velocidad de las reacciones. Mecanismos de reacción. Energía de activación. Catalizadores.	Aparece una analogía relacionada con los conceptos de mecanismo de reacción y paso determinante de la velocidad. Se presenta una imagen de un "cuello de botella".

Química General e Inorgánica Milone Ed. Estrada. 1980	Velocidad de reacción. Variaciones en velocidad de reacción. Ecuación cinética. Catálisis. Velocidad y temperatura. Interpretación cinético-molecular.	Se presentan dos analogías: una solo textual que compara el concepto físico de velocidad con el concepto químico, y otra desarrollada textual y gráficamente vinculada a la interpretación del concepto de energía de activación. Es de destacar que a continuación de Cinética química, desarrolla contenidos de equilibrio químico bajo el título de "Estática química".
Química General e Inorgánica Biascioli Editorial Kapelusz. 1981	Velocidad de reacción. Teoría de choques. Factores.	No recurre al empleo de analogías.
Química General e Inorgánica. 4º año de Escuelas Técnicas. Beguet, A. Ed. Cesarini. 1981	Velocidad de reacción y equilibrio químico. Orden de reacción. Reacciones de primer orden. Reacciones de segundo orden. Catálisis. Teoría del complejo activado o del estado de transición.	No recurre al empleo de analogías. Desarrolla la temática con un nivel avanzado.
Química 4 Magnetti Ed. Huemul. 1982	La velocidad de las reacciones químicas. Factores que afectan la velocidad. Energía de activación. Mecanismos de reacción.	Presenta una analogía para explicar mecanismos de reacción y paso determinante de la velocidad.
Química 3er año Ciclo Básico Depau, Tonelli, Cavalchino Ed. Plus Ultra. 1987	No trata el tema	
Química 4 Aula Taller Mautino, J.M Ed. Stella. 1992	Velocidad de reacción. Teoría de choques. Factores que influyen en la velocidad	No presenta analogías.
Química general e Inorgánica Fernández Serventi. Ed. El Ateneo. 1988	Velocidad de reacción. Factores que influyen en la velocidad. Energía de activación. Catalizadores.	No recurre a analogías ni a esquemas o dibujos que representen a nivel microscópico los choques entre partículas (frecuentes en el resto de los textos)

Tabla 2. Contenidos de Cinética Química en textos de la asignatura Química utilizados en la educación media durante las décadas `80 y `90, previo a la implementación de la Reforma Educativa en la Pcia. de Buenos Aires.

La revisión realizada en textos universitarios, muestra el uso de analogías diversas. Por ejemplo, cómo los ingredientes utilizados en la elaboración de un sandwich sirven de análogo para la formulación de la velocidad de una reacción química en términos del consumo o formación de las especies químicas que participan (Whitten, 1998, p. 596); o cómo el empleo de la noción de velocidad de un móvil permite emplear conceptos de

cinemática para explicar la noción de velocidad como cambio de concentración en el tiempo (Brady, 1980, p. 436; Whitten, op. cit., p. 593, Chang, 1999, p. 511). Así, según Brady: “[..] la velocidad de cualquier reacción química se puede expresar como la relación del cambio en la concentración de un reactivo (ó producto) a un cambio en el tiempo. Esto es exactamente análogo a expresar la velocidad de un automóvil como el cambio de posición (esto es, la distancia recorrida) dividida entre el tiempo del recorrido. En este caso, la velocidad podría expresarse en Kilómetros por hora. Con las reacciones químicas, la velocidad se expresa generalmente en moles por litro por segundo.” (p. 436)

A la misma analogía recurre Brown (*op. cit.*) al intentar explicar el mismo concepto: “La *velocidad* de un suceso se define como el *cambio* que ocurre en un intervalo de *tiempo*. Siempre que se habla de rapidez, es necesario introducir la noción de tiempo. Por ejemplo, la rapidez de un automóvil se expresa como el cambio de posición del auto a lo largo de cierto período de tiempo. Las unidades de esta velocidad son por lo común kilómetros por hora (km/h), es decir, la cantidad que cambia (posición, medida en kilómetros), dividida entre el intervalo de tiempo (horas). De manera similar podemos hablar de la rapidez de una reacción química, o su **velocidad de reacción**.”² (p. 492).

Si bien no nos detendremos en un análisis pormenorizado de cada una de estas analogías, estimamos que no todas las propuestas relevadas serían pertinentes. Nuevamente remitimos aquí a la necesidad de una actitud de vigilancia epistemológica docente. Oliva (2001a) propone una clasificación de las analogías en dos grupos. Según ésta, pueden considerarse dos tipos de analogías:

- las basadas en modelos figurativos y,
- las basadas en modelos explicativos.

Las primeras tienen un valor representacional, en cambio las otras, un valor explicativo. En el contexto de nuestra temática, son más comunes las analogías basadas en modelos figurativos (por ejemplo, véase las analogías presentadas para los conceptos de “energía de activación” y de “paso determinante de la velocidad” en Brown, p. 509, p. 518; op. cit.).

Los textos revisados, para los diferentes niveles educativos, se limitan a presentar la analogía como un producto ya acabado, en ningún caso hemos observado que se propicien situaciones que contribuyan a su construcción o que se establezcan sus limitaciones.

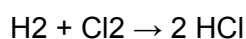
Si se enseña a los alumnos a crear, aplicar y modificar sus propias analogías (opuesto a la simple aplicación de analogías proporcionadas desde el exterior) se contribuye positivamente a la autorregulación de sus explicaciones sobre los fenómenos científicos. Según Clement (citado en Oliva, 2001b) tanto expertos como novatos tienen una tendencia natural al uso de analogías ante problemas poco familiares. Por lo tanto debe fomentarse y canalizarse este hecho a través de un trabajo de tipo tutorial.

A partir de estas últimas advertencias, desarrollamos algunas sugerencias que consideramos convenientes para el trabajo con analogías en el contenido de cinética química. Pero antes, retomaremos algunas de las analogías anteriores y presentaremos otras reflexionando sobre sus alcances y utilidad.

ANÁLISIS DE ALGUNOS CASOS

En la página siguiente transcribimos el texto que figura en el artículo de Oliva (2005, p.109) y a través del cual el autor ejemplifica sobre el uso de analogías en para el tema de Cinética Química. La lectura de la analogía planteada en el texto nos sigue ciertas consideraciones acerca de su formulación. Obsérvese que la analogía está basada en un saltador que, en el marco de la comparación, se corresponde a una partícula; si las consideraciones posteriores se basan en el salto del atleta ¿qué relación guarda esta situación con el choque entre partículas?. En otras palabras, ¿en qué momento se pone en evidencia la necesidad de las colisiones entre partículas como condición necesaria para una reacción química? La imagen del atleta saltando no remite a una colisión entre partículas (por lo menos de modo evidente), con lo cual la analogía se expone a asumir que una reacción química no necesita de la colisión entre partículas. Con relación a esto, el trabajo es consistente cuando propone responder a la cuestión “Utiliza la analogía para predecir cómo afectaría ello a la proporción de moléculas que pueden llegar a reaccionar en un tiempo dado.”

“Cualquier reacción química se produce mediante choques o colisiones entre las moléculas de reactivo. Para que se forme una nueva sustancia, las moléculas que reaccionan deben primero romperse. Así, por ejemplo, si tenemos la reacción:



Las moléculas de H₂ y de Cl₂ deben primero romperse, para que los átomos de

hidrógeno puedan combinarse con los de cloro. Pero para ello es necesario que los choques entre moléculas se produzcan con un mínimo de energía y una buena orientación. El problema es similar a lo que ocurre en una competición de salto en alto. Para que un salto sea válido es preciso superar la altura a la que se encuentra la barra, y para ellos es preciso que el saltador lleve la suficiente energía y salte además en la dirección y con la pirueta adecuada. Para conseguirlo, el atleta toma impulso e intenta elevarse. Si la barra está muy baja, cualquier atleta puede pasarlo, porque la altura es pequeña; pero si la barra está colocada muy alta, sólo podrán superarla los mejores, los más capacitados. Algo parecido ocurre en el caso de las reacciones químicas. Sólo aquellas moléculas que choquen con una energía superior a un cierto valor, se convertirán en productos. Esa energía es lo que se denomina energía de activación y, gráficamente, se podría comparar con la altura de la barra que ha de superar el saltador. Sólo aquellos atletas que lleguen al salto con la energía adecuada podrán conseguirlo.

1.- Indica y justifica qué elementos de la situación análoga del salto en alto corresponden a cada uno de los siguientes elementos de una reacción química:

Moléculas _____

Energía de las moléculas _____

Energía de activación _____

Proporción de moléculas que reaccionan _____

Dirección de cada molécula en el choque _____

2.- ¿Qué idea es la que el texto intenta explicar con respecto a lo que sucede en una reacción química?

3.- ¿Cómo podríamos aumentar la velocidad de las moléculas que intervienen en una reacción química? ¿A qué situación equivaldría este suceso en el caso de su homólogo en la competición del salto? Utiliza la analogía para predecir cómo afectaría ello a la proporción de moléculas que pueden llegar a reaccionar en un tiempo dado.

4.- Utiliza ahora la misma analogía para predecir qué ocurriría si fuésemos capaces de disminuir la energía de activación del proceso que tiene lugar: ¿aumentaría o disminuiría ello la velocidad de reacción química? ¿A qué situación equivaldría eso en el caso de la competencia del salto?"

Prestemos atención a la pregunta 3) de las actividades que se proponen luego de presentar la analogía: “¿Cómo podríamos aumentar la velocidad de las moléculas que intervienen en una reacción química? ¿A qué situación equivaldría este suceso en el caso de su homólogo en la competición del salto? Utiliza la analogía para predecir cómo afectaría ello a la proporción de moléculas que pueden llegar reaccionar en un tiempo dado”. El aumento de la velocidad de las partículas se relaciona con el aumento de temperatura pero, y en el marco de la analogía propuesta, ¿cuál sería el análogo o fuente? ¿Cuál sería el “equivalente” del aumento de la temperatura en el caso del atleta? El texto no arroja luz sobre este ítem y consideramos que esta aclaración sería pertinente si atendemos a que el análogo o fuente no es, al menos, evidente.

En el marco de este conjunto de reflexiones en torno al uso de analogías y, específicamente, con referencia a este último ejemplo, consideramos que la analogía propuesta es de particular utilidad al momento de trabajar el concepto de energía de activación de una reacción química (y, con ello, el efecto de las catálisis) y por el cual es presentada la analogía. Sin embargo, no sería pertinente el uso de la misma cuando se pretende extender su dominio al análisis de otras variables que afectan la velocidad de una reacción química, como por ejemplo la temperatura. El ítem a analizar sería, quizás, hasta dónde sería necesario profundizar las limitaciones de la analogía propuesta; en otras palabras, si postergar esta dificultad es pertinente en función de otros aspectos para los cuales la misma analogía puede (y de hecho sucede) resultar adecuada. En el marco de esta situación de compromiso es que se hace presente la necesidad de una vigilancia epistemológica para esta instancia en la transposición (Chevallard, 1991).

En este contexto, también debemos reparar en otro aspecto de esta analogía: la colisión entre partículas como condición para una reacción química es trabajada desde su análogo, el choque entre dos objetos sin que éste implique rupturas y formación de enlaces. En un texto de Vinagre Arias (et. al.; 1996), también encontramos un ejemplo tratado con una analogía sobre la función de las enzimas de rebajar el umbral de energía de activación de la reacción en la que intervienen. Se trata de: “...imaginar un oso que trata de llegar a un riachuelo para pescar, entre él y el riachuelo se interpone una colina que está atravesada por una caverna que llega hasta la orilla del riachuelo. El oso tiene dos caminos a elegir: o bien subir la colina o atravesar la caverna. ¿Cuál de ellos le supondría menos esfuerzo? (pp. 15253) Obviamente, llegará antes y con más facilidad atravesando la caverna.” Dice el libro “ejemplo que lo ilustra” pero es una analogía y como tal debe ser trabajada bajo la vigilancia

epistemológica del docente y en el texto no especifica los límites, y obviamente en ella no están participando de su construcción los alumnos.

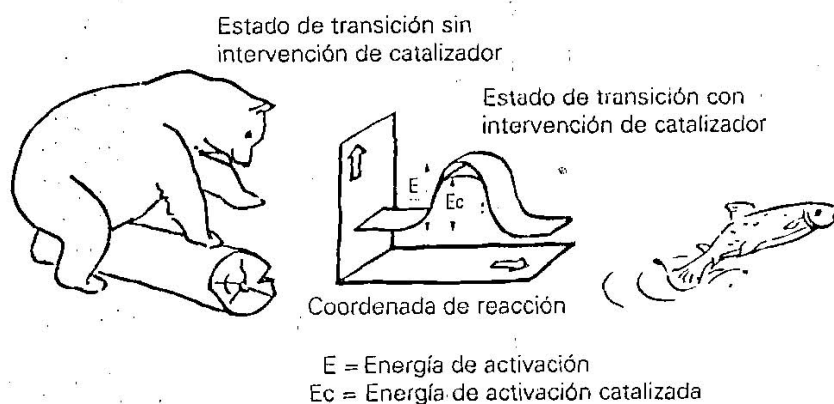


Figura 2. Analogía extraída del texto de Vinagre Arias et al. (1996) en el contenido de cinética química.

El texto luego concluye con una explicación "...en una reacción bioquímica catalizada por una enzima, ésta tiene la función que la caverna tiene para el oso, es decir, lleva la reacción por el camino más fácil..." (p. 153). Con esta aclaración especifica los objetos y los análogos por lo que quedan más claramente explicados, e inclusive dice que para aclarar más aun este concepto se ilustra otro ejemplo, pero éste es sobre la contaminación de un catalizador, o envenenamiento también con un análogo.

CONSIDERACIONES FINALES

En suma, las analogías pueden constituir instrumentos idóneos para desarrollar la creatividad, la imaginación y las aptitudes y actitudes necesarias para el uso crítico de modelos científicos y para ser capaz de modelar la realidad por uno mismo. Sin embargo, su utilidad depende del modo en que se utilice en el aula (Oliva, 2006). Si su empleo no promueve la intervención o participación del alumno en su construcción, es posible que no sólo no ayude al aprendizaje de la noción que maneja sino que, seguramente se apartará mucho de promover el aprendizaje esperado. Las limitaciones que, como parte del ejercicio metacognitivo sobre su uso, posee una analogía, podrían ser un medio para que los alumnos reflexionen sobre el marco de aplicabilidad de un modelo científico. De la misma manera que la analogía no debe ser asumida como una entidad terminada y cerrada, un modelo científico posee el atributo de la provisionalidad: "... la toma de conciencia y la aceptación de las limitaciones que tienen las analogías, podrían ser elementos útiles para

comprender también las limitaciones y el carácter aproximativo de los modelos científicos.” (Oliva, 2001, p. 467). Desde esta perspectiva nos interesa enfatizar en la importancia de una reflexión previa del docente sobre la utilidad de la analogía (por ejemplo, para evitar posibles errores conceptuales) y, por otro, en la relevancia del análisis en el aula con la participación del alumno. En particular, esta última estrategia permitiría una instancia de metacognición respecto del alcance y limitaciones de esta analogía. Si la analogía se concibe simplemente como un recurso en la explicación del profesor, sin la intervención o participación del alumno en su construcción y/o análisis, es muy posible que no sólo no ayude en el aprendizaje de las relaciones conceptuales trabajadas sino que, además, diste mucho de promover un aprendizaje significativo. Las condiciones para este tipo de aprendizaje podrían favorecerse si la analogía se proyecta en el aula como ocasión para que los alumnos participen en su elaboración y desarrollo, a través de actividades y discusiones alumno-alumno y alumno-profesor. En esta última línea de recomendaciones se ha pretendido inscribir este trabajo.

Notas

¹ Ya que no todos los modelos son analógicos ni toda analogía opera como modelo de una situación.

² Las cursivas y las negritas están en el original.

Bibliografía

- Brady-Humiston. 1980. “Química General. Principios y Estructura”. Wiley & Sons.
- Brown, T. L., Lemay, H. E. Jr., Bursten, B. E. (1998): “Química. La ciencia central”. Ed. Prentice Hall Hispanoamericana.
- Chang, R. .1991. “Química”. Mc Graw Hill. Cuarta Edición.
- Chevallard, Y. .1991. “La transposición didáctica. Del saber sabio al saber enseñado”. Aique.
- Izquierdo, M. .1999. Aportación de un modelo cognitivo de ciencia a la enseñanza de las ciencias. Enseñanza de las Ciencias, N° extra, pp. 62-85.
- Dagher, Z. R. 1995. Review of studies on the effectiveness of instructional analogies in science education. Science Education, 79(3), 295-312.
- Oliva, J. M, Aragón, M. M., Mateo J. y Bonat M. 2001a: “Una propuesta didáctica basada en la investigación para el uso de analogías en la enseñanza de las ciencias” Enseñanza de las ciencias, 19 (3). pp 453-470.
- Oliva, J. M^a; Aragón, M^a.M.; Mateo, J. y Bonat, M. 2001b. Mateo, J. (2006). Un estudio sobre el papel de las analogías en la construcción del modelo cinético-molecular de la materia.

Enseñanza de las Ciencias, 21 (3), pp. 429-444.

Oliva, J. M. 2006: "Actividades para la enseñanza/aprendizaje de la química a través de analogías" Rev. Eureka. Enseñ. Divul. Cien., 3(1), pp. 104-114.

Treagust, D.F., Duit, R., Joslin, P., y Lindauer, I. 1992. Science teachers' use of analogies: observations from classroom practice. International Journal of Science Education, 14(4), 413-422.

Vinagre Arias, F.; Muero Ma R. y Guerra, J. F. 1996. "Cuestiones curiosas de química". Alianza Editorial.

Whitten, K. W.; Gailey K. D.; Davis R. E. 1992. "Química General". Mc Graw; Hill. 2da Edición en español.