

COGNICIÓN Y HERMENÉUTICA EN QUÍMICA

REZA GARCÍA¹, J. CLEMENTE; ORTIZ ESQUIVEL¹, LAURA R.; FEREGRINO HERNÁNDEZ¹, VÍCTOR M.; DOSAL GÓMEZ², M. ANTONIA; CÓRDOVA FRUNZ³, JOSÉ LUIS

¹ ESIQIE-IPN <lordiz@ipn.mx>

² Fac. de Química UNAM. <dosala@servidor.unam.mx>

³ UAM- Iztapalapa. <cts@xanum.uam.mx>

Palabras clave: Hermenéutica; Textos de química; Elementos gramaticales; Comprensión de lectura.

OBJETIVOS

Identificar algunos de los elementos del discurso cotidiano, comunes al discurso científico de la química, que vuelven confusos los enunciados en los textos y difícil su comprensión.

Sugerir algunas vías para alcanzar la precisión de la dimensión gramatical de los enunciados de contenido químico.

MARCO TEÓRICO

Puesto que la práctica escolar tradicional valora el aspecto algorítmico y memorístico, es comprensible que la interpretación, esto es, la búsqueda de correspondencia en la triada signo - significado - contexto, sea una actividad que desconcierta a los estudiantes. Hablamos sobre todo de la forma gramatical indispensable para la comprensión de los enunciados de los textos, no sólo de la aplicación de un procedimiento o de la memorización de un concepto. Por ello, es muy frecuente que los alumnos no puedan expresar con sus propias palabras el enunciado de un problema (mucho menos resolverlo) (Sánchez, 1995) lo que genera las preguntas de examen de todos conocidas: "Profe ¿voy bien?", "Tícher ¿éste es el resultado?", "Prof ¿aquí me piden la concentración del ácido?" "Miss ¿me revisa?"

En este trabajo sostenemos que, al leer un texto de ciencias, es frecuente encontrar enunciados confusos, cuando no equívocos; sólo la familiaridad del maestro con el contexto hace pensar que son precisos.

Dado que el pensamiento científico se caracteriza por su lenguaje más preciso y conciso que el muy contextualizado lenguaje cotidiano, es así que las limitaciones intrínsecas a éste tratan de ser superadas en los textos de ciencias mediante recursos tipográficos. Estos recursos no sustituyen a otros, como los signos ortográficos y de puntuación, pero nos facilitan la lectura sin que estemos conscientes de ellos.

Aunque el análisis hermenéutico, esto es, el estudio de los principios generales de interpretación de los textos, considera esos elementos tipográficos y no sólo los enunciados gramaticales y científicos (Córdova *et al*, 2003), en este trabajo se tomarán en cuenta sólo los elementos gramaticales.

Cabe enfatizar que la ambigüedad, confusión y oscuridad de los textos de química contribuyen al rechazo del pensamiento científico; en términos amplios, los enunciados no aclaran en cada caso si se trata de datos experimentales, generalización empírica, inferencia teórica, caso extremo, supuesto, hipótesis heurística, simplificación, etc. pero sí abundan en información de corte “didáctico”, “contextual” y “motivacional”. Tal imprecisión hace que los alumnos se pierdan en un mar de conceptos, procedimientos y conclusiones, porque no se presentan argumentos y criterios para clasificarlos y organizarlos. A lo anterior debemos sumar la ausencia de elementos gramaticales que permitan la comprensión de los conceptos involucrados en los enunciados.

El principio de parsimonia establece que, de dos teorías propuestas, debe preferirse la más sencilla. De semejante manera, de dos enunciados posibles para un mismo concepto, se debe optar por el más sencillo. Este principio ha sido fundamental en la investigación científica, por tanto es plausible su éxito para el desarrollo de habilidades cognitivas en el campo de las ciencias.

Sin embargo, durante largos períodos los textos de química han mantenido contenidos y estilos (Gillespie, 1997) donde el principio de parsimonia es violentado por las modas de la afectación y la solemnidad, las cuales diluyen lo relevante.

Uno de los problemas más interesantes y complejos para los estudiosos del lenguaje es cómo comprendemos lo que leemos y oímos a pesar de lo que leemos y oímos. Gutiérrez (1998) afirma que el trabajo de interpretación es, en gran medida, un trabajo de traducción al propio lenguaje; con ese fin el lector debe efectuar diversos tipos de análisis de los enunciados empleando distintos elementos, entre los cuales están los elementos gramaticales, mismos que a continuación presentaremos y ejemplificaremos por ser usados en el análisis hermenéutico propuesto en este trabajo.

Los enlaces de cohesión son los pronombres, las conexiones léxicas y las palabras con un referente común que permiten darle estructura a un párrafo o texto; por ejemplo, en el siguiente párrafo añadimos números entre paréntesis rectangulares a cada uno de los correspondientes enlaces de cohesión, los cuales permiten organizar la información facilitando su lectura, interpretación y comprensión:

"Newton [1] había confiado en que los cuerpos visibles (sic) más pequeños [2] siguieran las leyes cuantitativas [3] que gobernaban los cuerpos celestes de mayor tamaño [4]. La química [2] sería una recapitulación de la astronomía [4]. Pero ¿cómo podía el hombre observar y medir [3] los movimientos y la atracción mutua de esas partículas invisibles [2]? En los Principios [5] Newton [1] había conjeturado que los fenómenos de la naturaleza [3] podrían depender todos de ciertas fuerzas [3] por las cuales [3] las partículas de los cuerpos [2] se impulsan mutuamente unas [2,3] hacia otras [2,3] y se unen formando figuras regulares"

Los *indicadores modales* son las palabras que delimitan la validez de los enunciados, por ejemplo: *siempre, en ocasiones, eventualmente*, etc.. Consideremos la diferencia entre los enunciados: “Los alumnos nunca hacen la tarea” y “los alumnos frecuentemente no hacen la tarea”.

Los *conectivos gramaticales* evidencian las relaciones de consecuencia, causalidad, inferencia, etc., entre los enunciados; así, son ejemplos de conectivos: *ya que, puesto que, en consecuencia, por lo anterior*, entre otros. Consideremos los enunciados: “Explotó el reactor aunque había añadido el catalizador” y “Explotó el reactor *porque* había añadido el catalizador”. Es incuestionable la función cognitiva de los indicadores modales y de los conectivos gramaticales en la construcción del conocimiento.

El *esquema* es una estructura no formalizada o consciente, que resulta de las experiencias del sujeto e interviene en la interpretación de los enunciados. En los siguientes ejemplos, el significado del enunciado depende del esquema o contexto usado por el lector:

- "Jorge obtuvo la solución deseada. Poco después, realizó su titulación por la concentración lograda gracias a sus estudios".

- “Si tengo algunas bases y alcanzo alta concentración, obtendré la solución”.

Otero (1990) propone que el conocimiento está organizado en paquetes aplicados a la comprensión y que los esquemas son estructuras que representan los vínculos entre conceptos genéricos almacenados en la memoria. Esta representación restringe los significados y el sentido de los enunciados para facilitar la lectura a partir de bloques de significado (construidos a partir de algunos indicadores gramaticales o tipográficos, como pueden ser: palabras clave, letras mayúsculas, comillas, signos de puntuación, etc.). En resumen, los esquemas dirigen el significado de las palabras y el sentido del texto leído.

La dificultad principal del estudiante al leer textos científicos radica en el manejo de unos cuantos esquemas y la novedad de los conceptos de la prosa científica. En otras palabras, enfrenta obstáculos para la interpretación y estructuración de los nuevos conceptos con los conocimientos previos.

El alumno que haya aprendido que el equivalente químico de un ácido es igual al cociente de la masa molar entre el número de protones, no podrá determinar el equivalente químico en una reacción de neutralización parcial. En otros términos, no hay significado sin contexto: el estudiante (de cualquier nivel) construye ambos casi simultáneamente.

DESARROLLO DEL TEMA

El análisis hermenéutico no es un proceso lineal sino que implica continuas revisiones que modifican la interpretación de un enunciado e influyen en la de los subsecuentes. Así, la interpretación del texto está sujeta no sólo a la recuperación de la información semántica del texto, sino también a la introducción de elementos de lectura por parte del sujeto. Lo anterior significa que hay una continua categorización de la información del enunciado: importante, trivial, circunstancial, confusa, etc

Es frecuente que los profesores de ciencias no descubran estas relaciones pues sus esquemas de lectura cubren huecos, omiten ripios, corrigen deficiencias, seleccionan lo relevante, etc. El que los expertos ya sepan “qué va a decir el enunciado”, sesga la comprensión e interpretación de la lectura. Sólo una lectura donde deliberadamente se buscan los elementos que proponemos permite descubrir las limitaciones y errores de los enunciados.

En los siguientes extractos mostraremos el uso de los conceptos anteriores para el análisis y comprensión de enunciados, la cual es una habilidad cognitiva fundamental. Advertimos que todos los ejemplos son de textos de química, correspondientes a ediciones traducidas al castellano de obras originales en idioma inglés

Ejemplos:

MOORE, J.; DAVIES, W.; COLLINS, R.(1981), *Química*. McGraw Hill, p. 77

"Cuando cargas diferentes (una negativa y la otra positiva) se atraen entre sí, o cargas similares (ambas positivas o ambas negativas) se repelen entre sí, la ley de Coulomb gobierna la fuerza entre ellas. De acuerdo a esta ley, la fuerza de atracción o repulsión es inversamente proporcional al cuadrado de la distancia entre las cargas”.

Comentarios: El indicador modal “cuando cargas diferentes se atraen entre sí” lleva a pensar que hay circunstancias en que esto no es así. Omite mencionar la influencia del medio circundante en el valor de la fuerza. Al afirmar “la ley de Coulomb gobierna la fuerza” remite a un esquema antropomórfico: un legislador y una entidad sumisa; algo muy lejano a la representación matemática y al modelo científico.

WHITTEN, K.; GAILEY, D. (1985). *Química General*. Editorial Interamericana, p. 91

“El hidrógeno, como ya se ha indicado, solo tiene un electrón. El helio es un gas raro, cuyo primer nivel energético está completo (con dos electrones) y su átomo es tan estable que hasta ahora no se conocen

reacciones químicas en las que intervenga. Sus electrones sólo pueden ser desplazados mediante fuerzas eléctricas, como las de las descargas de alto voltaje.”

Comentarios: Habla del *átomo* de hidrógeno y después del *gas* helio (conjunto de átomos). Pero al hablar de nivel energético del helio se refiere a los *átomos*, no *al gas*. El pronombre “cuyo” está mal aplicado; luego, falla este enlace de cohesión. Queda en duda si el pronombre sus de la última oración se refiere al helio; gramaticalmente sí, pues el sujeto es “gas raro”; una vez más, fallan los enlaces de cohesión. El uso de la palabra *como* en la última parte del enunciado remite a esquemas incompatibles, por que dicha palabra puede emplearse en lugar de *por ejemplo* o bien para *comparación*; en este caso, el enunciado *compa*-*ra* tipos de fuerzas pero falta información para usar el esquema adecuado.

MAHAN, B.; MYERS, R. (1990) *Química. Curso universitario*. Addison Wesley, p. 118

"Se ha visto que el descenso de la presión de vapor del disolvente debido a la presencia de un soluto no volátil y sus resultados, el ascenso ebulloscópico y el descenso crioscópico, se pueden usar para determinar los pesos moleculares de las sustancias disueltas. El fenómeno de la presión osmótica también está asociado con el descenso de la presión de vapor y también se puede utilizar para determinar los pesos moleculares de moléculas de soluto. Además, la presión osmótica es de suma importancia en el funcionamiento de los sistemas vivos."

Comentarios: El “Se ha visto” remite a información ya dada y funciona como enlace de cohesión, así como “sustancias disueltas” para “soluto no volátil”. Hay un conectivo gramatical “el descenso de la presión [...] debido a la presencia de un soluto no volátil”. Sin embargo, no enlaza “presencia” con molalidad, “concentración molar del soluto” o, más precisamente, “concentración molar resultante” (caso que el soluto se disocie). Los términos “ascenso ebulloscópico” y “descenso crioscópico” dependen del esquema del lector.

BROWN, T.; LEMAY, E.; BURSTEN, B (1993) *Química. La ciencia central*. 6a. Ed. Prentice Hall Hispanoamericana, p. 59

“El núcleo de un átomo permanece inalterado en los procesos químicos, pero los átomos pueden ganar o perder electrones con facilidad. Si los electrones se eliminan o adicionan a un átomo neutro, se forma una partícula cargada que se llama ion. Un ion con una carga positiva se llama catión; un ion cargado negativamente se llama anión.”

Comentarios: Faltan indicadores modales “en todos los procesos químicos”, “algunos átomos pueden ganar o perder...”. El enunciado es más claro con el conectivo gramatical que añadimos “Si los electrones se eliminan [...] neutro, entonces se forma una partícula [...] que se llama ion”. Hay enlace de cohesión entre “ganar o perder electrones”, “partícula cargada”, “ion”, “catión” y “anión”.

KOTZ, J.; TREICHEL, P. (2003) *Química y reactividad química*. Thomson, p. 83.

“A menudo, las estructuras moleculares suelen ser hermosas en el mismo sentido que el arte. [...] Sin embargo, algo más importante es el hecho de que las propiedades físicas y químicas de un compuesto molecular a menudo se relacionan de manera cercana con su estructura”.

Comentarios: El uso de la conjunción adversativa “Sin embargo” y el comparativo “más importante” refuerzan la idea de que el aspecto estético queda en segundo plano.

CONCLUSIONES

La identificación de los conectivos gramaticales, enlaces de cohesión, indicadores modales y esquemas, facilita al lector la traducción del texto a sus propios términos. Esta reconstrucción de la información es una habilidad cognitiva fundamental del sujeto, de manera que la ausencia de los elementos anteriores, así como la indefinición del esquema, imposibilita su ejercicio y desarrollo.

La hermenéutica es un instrumento conceptual que propone elementos clave para la comprensión de los enunciados, ya que permite descubrir correspondencias en la triada signo-significados-contexto que escapan a quienes están acostumbrados al manejo frecuente de un solo tipo de esquemas, sean alumnos o maestros.

Puesto que los enlaces de cohesión son característicos de cada idioma, debe atenderse particularmente los enunciados de problemas cuando éstos son de libros traducidos; de esta manera le quedará más claro al estudiante qué se le pide en el problema.

También debemos decir que un manejo inadecuado de dichos elementos hace más difícil la comprensión, caso que no lleve a errores conceptuales o a una confusión tan grande que socave el interés del estudiante por la ciencia.

Para concluir la delimitación del alcance de los enunciados, baste decir que la explicitación de las relaciones de causalidad e inferencia, entre otras, facilita los procesos de cognición del sujeto al permitirle ubicar el esquema de interpretación.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- CÓRDOVA, J. L.; DOSAL, A.; FEREGRINO, V.; ORTIZ, L. y REZA, C. (2003) Hermenéutica de un texto de química general en un "best seller". *Educación Química* Vol. 14 (2), pp.98-105.
- GILLESPIE, R. J. (1997) Reforming the General Chemistry Textbook. *Journal of Chemical Education*. Vol. 74 (5) pp.484-485.
- GUTIÉRREZ, B. (1998) *La ciencia empieza en la palabra*. Barcelona: Ediciones Península.
- OTERO, J. (1990) Variables cognitivas y metacognitivas en la comprensión de textos científicos: el papel de los esquemas y el control de la propia comprensión. *Enseñanza de las Ciencias* 8 (1), pp.17-22.
- SÁNCHEZ, J. M. (1995) Comprender el enunciado. Primera dificultad en la resolución de problemas. *Alambique*, No. 5, julio pp.37-45.