

**UN MODELO DIDACTICO QUE
FAVORECE LA CAPACIDAD PARA PRODUCIR ARGUMENTACIONES
CIENTÍFICAS Y ESTIMULA EL ESTUDIO DE LA QUÍMICA
EN LOS ESTUDIANTES DE INGENIERÍAS NO QUÍMICAS**

RODRÍGUEZ C. S., PLIEGO O. H., JUÁREZ S. M.

**Facultad de Ciencias Exactas, Ingeniería y Agrimensura. Universidad
Nacional de Rosario. Avda. Pellegrini 250. (2000) Rosario. Argentina.
E. mail: cristina@fceia.unr.edu.ar**

1.- RESUMEN

Son notorias las dificultades de los estudiantes para producir textos argumentativos en general, y científicos en particular. Por ello construimos y aplicamos un modelo tendiente a favorecer la capacidad de argumentar científicamente. El mismo emplea contenidos de la lógica disciplinar y está formado por los modelos: teórico-corporal de la Química y argumental de S. Toulmin. Los estudiantes produjeron textos argumentativos respecto de las propiedades dureza, volatilidad y viscosidad de sustancias y/o materiales y para clasificarlos en “adecuado”, “incompletos” y “no pertinente” se los comparó con textos argumentales de referencia. De acuerdo a los resultados obtenidos, la propuesta se ha considerado útil y superadora.

2.- INTRODUCCION

Uno de los objetivos que perseguimos los docentes de Química en las carreras de Ingenierías no químicas es que los estudiantes sean capaces de construir textos argumentativos que constituyan las explicaciones científicas de ciertas regularidades y fenómenos que se observan en el estudio de la disciplina y que consideramos pertinentes para su formación como ingenieros.

En las ciencias, la explicación de las observaciones debe satisfacer los marcos delimitados por las teorías propias de las disciplinas y en la enseñanza de las mismas será conveniente, además, tener en cuenta el modelo pragmático de Bas van Fraassen (citado por Gaeta y col., 1996) el que sostiene, como tesis principal, que una explicación sólo llega a surgir en un contexto determinado y los méritos de ésta no pueden juzgarse sino en relación con ese contexto. Aparece aquí un tercer elemento, el contexto, el que se agrega a los hechos observados y a las teorías. De aquí resulta un conflicto, ya que los estudiantes traen sus explicaciones válidas en el mundo cotidiano y en las aulas las mezclan con las científicas. No habría cambio conceptual sino de contextos. Entonces, no habiendo relación de subordinación entre las explicaciones de contextos diferentes, la explicación del profesor consistiría en el aporte de argumentos a favor y/o en contra de ciertos patrones, hechos o explicaciones (Galagovsky, 2008).

La importancia y necesidad de la construcción de argumentaciones científicas por parte de los estudiantes, y de acuerdo con Revel Chion (2005), queda resaltada al reconocerla como una habilidad cognitiva-lingüística compleja altamente relevante. Es sabido que la lectura ayuda al desarrollo de la escritura y que la argumentación escrita potencia la comprensión y, por lo tanto, la lectura y la escritura no se deben interpretar como meras habilidades lingüísticas, sino que se considerarán importantes herramientas para el desarrollo del pensamiento crítico en los jóvenes a lo que se aporta desarrollando

prácticas discursivas propias de las disciplinas, produciendo textos argumentativos en las clases, discutiendo las razones, justificaciones y criterios necesarios para elaborarlos. Por otra parte, en el marco de la enseñanza de la ingeniería, el CONFEDI, ha expresado que “en la actualidad es una tendencia internacional en el diseño de los planes de estudio el uso de las competencias como horizonte formativo” (Confedi, 2007) e incluyendo entre las capacidades a lograr “producir e interpretar textos técnicos (descriptivos, argumentativos y explicativos) rigurosos y convincentes”.

En nuestra opinión, además de la enseñanza y aprendizaje de los contenidos conceptuales, procedimentales y actitudinales de las disciplinas, todas las asignaturas, desde los cursos iniciales, deben ocuparse de desarrollar estas competencias y, particularmente en Química, desarrollar y/o incrementar la capacidad de producir textos argumentativos propios de esta ciencia, especialmente relacionados con las propiedades de sustancias y materiales de interés ingenieril.

3.- OBJETIVOS

3.1.- Construir un modelo didáctico tendiente a favorecer la capacidad de argumentar científicamente de los estudiantes de las carreras de ingenierías no químicas,

3.2.- Aplicar el modelo construido para incrementar la mencionada capacidad y estimular a los estudiantes en el estudio de la disciplina a través aplicaciones a las propiedades de los materiales de interés ingenieril.

4.- METODOLOGIA

4.1.- Modelo corpuscular

Atendiendo a nuestra realidad áulica aplicamos un modelo teórico-corpuscular expresado en términos de: a) partículas constitutivas, b) fuerzas de interacción entre ellas y c) energía disponible en el sistema (Pliego y col., 2004), usando las siguientes proposiciones (P):

P1) Las sustancias están formadas por sus “partículas constitutivas”, P2) Entre estas partículas existen fuerzas de atracción y de repulsión, P3) Las fuerzas de atracción entre las partículas constitutivas son las responsables de la existencia de los cuerpos sólidos o líquidos, P4) Las fuerzas de atracción entre las partículas constitutivas pueden ser intensas o débiles: A) Las fuerzas intensas son denominadas “enlaces químicos” o fuerzas primarias; diferentes enlaces químicos pueden tener diferentes intensidades, B) Las fuerzas de atracción débiles no son enlaces y se denominan fuerzas secundarias; se presentan entre moléculas y según éstas serán de mayor o menor debilidad, P5) Para separar partículas constitutivas vecinas se deberán vencer las fuerzas de atracción que existen entre ellas, P6) La facilidad o dificultad con la que se separan las partículas constitutivas unas de otras dependerá de la intensidad de la atracción. Si las fuerzas de atracción entre las partículas constitutivas son intensas (primarias o las resultantes de las interacciones entre macromoléculas) se requerirá mucha energía; lo contrario es válido. P7) Para separar las partículas constitutivas atraídas por fuerzas intensas no alcanzará con la energía térmica que tienen los sistemas a la temperatura ambiente; para lograrlo se deberá ingresar energía térmica la que, en parte, se ocupará de la separación y el resto en elevar la temperatura. La energía mecánica necesaria para la rotura o rayado de las sustancias sólidas será significativa; lo contrario es válido

4.2.- Modelo argumental de S. Toulmin.

Para la construcción de argumentaciones científicas se aplicó el modelo argumental de Toulmin (1958) el que, a partir de datos, permite arribar a una conclusión con justificaciones debidamente fundamentadas en los modelos teóricos de la Química. a) Datos, son los hechos y fenómenos que constituyen la afirmación sobre la que se construye el texto argumentativo, b) Justificación: es la razón principal del texto que permite pasar de los datos a la conclusión; por sí legitima la conexión entre la afirmación inicial y la conclusión, son razones que se proponen para justificar las conexiones entre datos y conclusión, c) Fundamentos: es el conocimiento básico, de carácter teórico, que permite asegurar la justificación, d) Calificadores modales: aportan un comentario implícito de la justificación y son la fuerza que la justificación confiere a la argumentación, e) Refutadores: señalan las circunstancias en que las justificaciones no son ciertas, f) Conclusión: es la tesis que se establece. Los calificadores modales y los refutadores son necesarios cuando las justificaciones no permiten aceptar una afirmación de manera inequívoca, sino provisional, en función de las condiciones bajo las cuales se hace la afirmación.

4.3.- Textos argumentales de referencia.

A manera de ejemplo, se presentan tres textos argumentales de referencia usados en las actividades de la última etapa.

4.3.1.- Escriba una argumentación científica acerca de la dureza que ofrecen las poliamidas, por ejemplo el “kevlar”, a temperatura ambiente. Texto argumental de referencia: Datos: La dureza de un material es la expresión macroscópica de la resistencia que oponen las partículas constitutivas a ser separadas. Las poliamidas son polímeros constituidos por largas cadenas de monómeros unidos por los grupos amida. Dichas cadenas se mantienen atraídas por múltiples fuerzas secundarias. Justificación: Si bien individualmente son fuerzas débiles, aquí se magnifican debido a la multiplicidad de atracciones presentes a lo largo de las cadenas. Para vencerlas y superar la resistencia a la tracción que se manifiesta, se debe entregar un elevado monto de energía mecánica. A temperatura ambiente la energía térmica disponible no es suficiente y por ello la entrada de energía mecánica posibilita vencer la gran cantidad de atracciones existentes entre las cadenas y lograr la separación. Fundamentación: las cadenas se mantiene atraídas por fuerzas secundarias, puente hidrógeno (átomos de hidrógeno unidos a átomos de nitrógeno y existencia de electrones no enlazantes en átomos de oxígeno), dispersión de London (generación e inducción de dipolos en cadenas de gran tamaño) y dipolo – dipolo (grupos polares carboxilos y aminas), cuyas presencias inciden de manera relevante en las propiedades físicas de estos materiales. Calificador modal: con certeza, Conclusión: a temperatura ambiente, las poliamidas son polímeros de alta resistencia a la tracción.

4.3.2.- Escriba una argumentación científica que responda a la pregunta: ¿cuál de las siguientes sustancias de la gasolina tiene mayor volatilidad a temperatura ambiente: 2,2,4-trimetilpentano ("índice de octano" igual a 100) o el octano? Texto argumental de referencia: Datos: Las sustancias 2,2,4-trimetilpentano y octano son isómeros, con fórmula molecular C_8H_{18} y, a temperatura ambiente, son líquidos moleculares apolares. Las atracciones entre las moléculas son débiles. En el fenómeno de volatilización, las partículas constitutivas, de sólidos o líquidos, se separan espontáneamente de sus vecinas y pasan a la fase vapor. Justificación: Para vencer las débiles fuerzas de

atracción que existen entre las moléculas se necesita poca energía térmica. Esta energía está disponible a la temperatura ambiente; ambas sustancias serán volátiles a temperatura ambiente. Las atracciones entre las moléculas del 2,2,4-trimetilpentano son más débiles que las atracciones entre las moléculas de octano. La energía necesaria para separar las moléculas del 2,2,4-trimetilpentano será menor que para separar las del octano y, por lo tanto, a temperatura ambiente la separación espontánea de las moléculas del 2,2,4-trimetilpentano líquido se producirá más fácilmente que la separación de las moléculas del octano líquido. Fundamentación: Entre las moléculas de ambas sustancias solamente hay fuerzas de London. Si bien ambas tienen la misma masa molecular, la de octano es más larga y es más fácilmente polarizable, esto es, en sus moléculas es más probable la formación de dipolos instantáneos y, por ende, es más probable la generación de dipolos inducidos entre moléculas vecinas. En el 2,2,4-trimetilpentano las fuerzas de London son más débiles. Cualificador modal: Con certeza, Conclusión: A temperatura ambiente, el 2,2,4-trimetilpentano es más volátil que el octano.

4.3.3.- Escriba un argumento científico que permita comprender cómo varía la viscosidad de un fluido al aumentar su temperatura. Texto argumental de referencia: Datos: La viscosidad de un líquido o un gas es una medida de su resistencia a fluir. Cuando los líquidos y los gases fluyen, las moléculas de las sustancias deben deslizarse unas sobre otras. Entre las moléculas de las sustancias existen fuerzas atractivas y repulsivas, relativamente débiles y de corto alcance. Cuando los fluidos se desplazan, sus moléculas se liberan de las fuerzas atractivas de sus vecinas y posteriormente son atraídas por nuevas vecinas. Justificación: Para vencer las fuerzas de atracción que existen entre las moléculas de los fluidos se necesita energía. A medida que se ingresa calor al fluido, parte de la energía térmica se emplea en vencer las fuerzas atractivas y otra parte para aumentar la temperatura y, consecuentemente, las moléculas del fluido estarán menos atraídas entre sí y, por lo tanto, fluirán más fácilmente. Fundamentación: Las fuerzas de atracción entre moléculas son fuerzas secundarias. La estructura de las moléculas determina los posibles tipos de fuerzas de atracción que existen entre ellas, a saber: dipolo instantáneo-dipolo inducido, dipolo-dipolo, dipolo-dipolo inducido, puente hidrógeno. El primer tipo, las más débiles, se presenta entre todas las moléculas vecinas independiente de la polaridad de las mismas y dicha fuerza se incrementa con la longitud de las moléculas y la masa si es que poseen estructuras equivalentes; el segundo tipo se presenta entre moléculas polares y la magnitud de dicha fuerza depende del momento dipolar de las moléculas; la atracción dipolo-dipolo inducido tiene lugar entre moléculas polares y apolares de distintas sustancias. El puente hidrógeno, la menos débil, se manifiesta sólo si se dan las siguientes condiciones: en una molécula debe haber un átomo de hidrógeno, que constituirá un diferencial de carga positivo por estar unido a un átomo de un elemento de alta electronegatividad y bajo radio atómico (F, O, N) y en otra molécula un diferencial de carga negativa sobre un elemento de alta electronegatividad y bajo radio atómico, con electrones no enlazantes. Refutador: Para ciertas sustancias, un aumento de la temperatura puede significar un cambio de su forma. Ejemplo, los pequeños anillos de S₈ se abren y forman cadenas las que tienden a enredarse unas con otras muy fácilmente con el consiguiente aumento de la viscosidad. Cualificador modal: Generalmente, Conclusión: La viscosidad de las sustancias líquidas o gaseosas disminuye con el incremento de la temperatura.

4.3.4.- Actividades desarrolladas con los estudiantes.

Participaron todos los estudiantes (n = 60) de la asignatura que cursan el tercer semestre de la carrera ingeniería industrial en esta facultad.

Descripción del proceso. Se desarrolló, desde el propio comienzo del cursado, durante 8 semanas (48 horas en total), con las siguientes etapas: a) inicio (motivación-introducción a la propuesta, argumentación científica: su estructura y componentes, presentación del modelo argumental de Toulmin), b) desarrollo de los modelos teóricos, trabajo de los estudiantes, monitoreo de comprensión e integración), c) evaluación durante el proceso, d) evaluación de acreditación en la octava semana. Para fijar el nivel epistémico se utilizaron los libros de texto: American Chemical Society (2005), Atkins y Jones (2006), Brown y col., (2005), Pliego (2008), Smith (2006). Antes, durante y después del desarrollo de cada tema, los estudiantes realizaron intentos de argumentación sobre: dureza, volatilidad y viscosidad. Los textos de los estudiantes se analizaron y discutieron en la actividad semanal coloquio y, mediante su comparación con textos especialmente preparados por los docentes, se los clasificó en las categorías “adecuado”, “incompleto” y “no pertinente”.

5.- RESULTADOS

El número de estudiantes se mantuvo aproximadamente constante con participación activa. El entrenamiento fue monitoreado por los docentes encontrándose al comienzo, importantes dificultades en los estudiantes para producir argumentaciones científicas, quedando expuesto hasta el desconocimiento del verdadero significado de las palabras explicar, justificar y fundamentar, y/o la inadecuada aplicación de sus significados por ser de otros contextos, (el de la vida cotidiana o el empleado en asignaturas de otras disciplinas en las que el enfoque submicroscópico de los modelos teóricos de la Química están ausentes).

En las etapas posteriores, aclarados los significados y realizados varios intentos de argumentación, los resultados fueron mejorando claramente. Los resultados de la evaluación de acreditación fueron satisfactorios: el 70% de los estudiantes obtuvo, sobre un total de 20 puntos, entre 20 y 14, el 10% entre 12 y 10 y el resto menores de 10; un 74% produjo textos formalmente válidos.

6.- CONCLUSIONES

Se ha logrado construir un modelo didáctico adecuado, de acuerdo al objetivo planteado en primer término, que ha resultado satisfactorio. Esta afirmación queda validada con los resultados obtenidos en las entrevistas personales, en las evaluaciones de las actividades antes mencionadas y en las evaluaciones de acreditación de la asignatura en las que la argumentación científica de las propiedades representa el 60% del total, así como también ha estimulado a los estudiantes al ocuparse de la argumentación científica de las propiedades de las sustancias de interés ingenieril con el enfoque de la ciencia Química.

Los resultados numéricos obtenidos en la evaluación de acreditación, así como también el fuerte incremento en la capacidad de producir textos argumentativos formalmente válidos y el mejoramiento notorio de la comunicación oral y escrita que este modelo permite, hace posible considerar que la aplicación del mismo guía la enseñanza de la disciplina y favorece su aprendizaje.

7.- BIBLIOGRAFIA

- American Chemical Society. (2005) Química. Un proyecto de la ACS. Barcelona, España, Reverte.
- Atkins, P.; Jones, L. (2006) Principios de Química. Los caminos del descubrimiento. Buenos Aires, Editorial Médica Panamericana.
- Brown, T.L.; Le May, H. L.; Bursten, B. E.; Burdge, J.R. (2005) Química: la ciencia central. México, Pearson Prentice Hall.
- CONFEDI. (2007) Competencias genéricas. Desarrollo de competencias en la Enseñanza de la Ingeniería Argentina. Facultad de Ingeniería, Universidad Nacional de San Juan.
- Gaeta R.; Gentile N.; Lucero S.; Robles N. (1996) Modelos de explicación científica. Problemas epistemológicos de las ciencias naturales y sociales. Buenos Aires, Manuales EUDEBA.
- Galagovsky L.R. (2008) ¿Qué tienen de naturales las ciencias naturales? Buenos Aires, Editorial Biblos.
- Pliego, O.H.; Rodríguez, C. S.; Risiglione, N.; Glagovsky, L. (2004) Una estrategia didáctica para la expresión de explicaciones científicas. Anuario Latinoamericano de Educación Química. XVII, (XVIII), 109 - 114.
- Pliego O.H. (2008) Química General para Ingenierías y Ciencias Exactas, Rosario, Argentina, Editorial Magenta.
- Revel Chion, A.; Couló, S., Erduran, M.; Furman, P., Iglesia, A.; Adúriz Bravo, N. (2005) Estudios sobre la enseñanza de la argumentación científica. Enseñanza de las Ciencias, número extra VII Congreso, 1 – 5, 2005.
- Sarda, J., Sanmarti Puig, N (2000) Enseñar a argumentar científicamente: un reto de las clases de ciencias. Enseñanza de las Ciencias, 18 (3), 405-422.
- Toulmin, S.E.(1958) The uses of argument. New York, Cambridge University Press.
- Smith, W. F. (2006) Fundamentos de la Ciencia e Ingeniería de Materiales. Madrid Mc Graw Hill.

