

Correlación entre mapas conceptuales y habilidad para la resolución de problemas en la unidad de Equilibrio Iónico en la asignatura de Química General

Manuel Martínez M,¹ Alejandra Espinoza F.

ABSTRACT (Correlation between concept maps and problem solving skills in the Ionic Equilibrium unit of a General Chemistry course)

Concepts and their relationships are the basis of knowledge. Concept maps are representations of concepts and links among them, which provide an image of how key concepts, that are present in the cognitive structure of an individual, are organized for a given specific content or unit. An organized conceptual structure ought to facilitate problem solving and other cognitive activities, and it is assumed that successful students are able to develop related concept structures highly elaborated and integrated. Considering that the unit of Ionic Equilibrium, traditionally included in General Chemistry courses at the university level, presents difficulties to our learners we decided to evaluate the relationship between concept maps developed by the students and problem solving skills in the unit, implemented in an active and cooperative learning environment.

From the qualitative point of view, concept maps were useful to determine the vision of the students in this specific area of study, allowing us to explicit the relationship that they establish between concepts, linking those that seemed dispersed. They also allowed us to detect concepts that were not developed properly in classes, to appreciate lacks in the concepts network and conceptual errors. Also, by means of the relationships that the students established among concepts presented in the maps, we could appreciate the students mastery level of the specific content and the gaps among concepts considered important by the teachers, and ignored by the students. However, even though concept maps are considered an strategy to improve the teaching-learning process, at least the authors can say that there was no correlation between problem solving skills in the unit of Ionic Equilibrium and concept maps developed by the students.

KEYWORDS: concept maps, problem resolution, problem solving skills

Introducción

En este trabajo, los autores desean relacionar dos temas: el desarrollo de mapas conceptuales por parte de los alumnos en la unidad de equilibrio iónico, y su habilidad para resolver problemas en esa unidad. Para poder desarrollar este trabajo, primero se da a conocer brevemente el marco teórico que fundamenta el uso de los mapas conceptuales, y luego la habilidad para resolver problemas desarrollada en un ambiente activo y cooperativo en la sala de clases.

Los mapas conceptuales

El modelo cognitivista ha influenciado el área enseñanza-aprendizaje dando origen al denominado modelo constructi-

vista, el cual está centrado en la importancia del significado construido por las personas en sus intentos de dar sentido al mundo, lo cual es visto como algo dependiente no sólo de la situación en sí misma, sino también de los propósitos y los procesos de construcción activa del significado por parte de la persona.

De acuerdo con Coll (1990), las ideas fundamentales del constructivismo son:

- El estudiante es el responsable último de su propio proceso de aprendizaje.
- La actividad mental constructiva del alumno se aplica a contenidos que ya poseen un grado considerable de elaboración.
- La función del docente es engarzar los procesos de construcción del alumno con el saber colectivo culturalmente organizado.

Entre los exponentes más destacados del constructivismo se menciona a Lev S. Vigotsky (2000) autor del concepto de la zona de desarrollo próximo y David P. Ausubel, autor de la

¹ Facultad de Química y Biología. Universidad de Santiago de Chile. Casilla 40-33; Santiago de Chile.

Correo electrónico autor principal: manuel.martinez@usach.cl

Recibido: 16 de diciembre 2007; **aceptado:** 29 de mayo 2008

teoría del aprendizaje significativo. Esta última teoría pone énfasis en lo que ocurre en el aula cuando los estudiantes aprenden; en la naturaleza del aprendizaje; en las condiciones que se requieren para que éste se produzca; en sus resultados y, consecuentemente en su evaluación (Ausubel *et al.*, 1976). El aprendizaje significativo es un proceso a través del cual nueva información se relaciona de manera no arbitraria y no literal, con un aspecto relevante de la estructura cognitiva del individuo. En este proceso la nueva información interactúa con una estructura de conocimiento específica denominada “concepto subsumidor (o ideas que sirven de anclaje)”, ya existente en la estructura cognitiva de quien aprende. A través de la interacción, la nueva información adquiere significado y se integra a la estructura cognitiva, contribuyendo al mismo tiempo a la diferenciación, elaboración y estabilidad de los subsumidores existentes y, en consecuencia, de la propia estructura cognitiva. La estructura cognitiva está así constantemente reestructurándose durante el aprendizaje significativo. El proceso es dinámico, y por lo tanto el conocimiento va siendo construido permanentemente.

Según Moreira (2000) es Joseph Novak, colaborador de Ausubel por muchos años, quien ha interpretado, refinado y utilizado la teoría del aprendizaje significativo como referente para la investigación educativa y la organización de la enseñanza. Ha dedicado gran parte de su trabajo y de su teoría al concepto de aprendizaje significativo y a la facilitación de ese aprendizaje. Uno de sus aportes y el más reconocido, es el desarrollo de la herramienta gráfica para organizar y representar el conocimiento denominada mapa conceptual.

Un mapa conceptual es un recurso esquemático para representar un conjunto de significados conceptuales incluidos en una estructura de proposiciones, que tiene por objeto representar las relaciones significativas entre los conceptos de un contenido y el conocimiento del sujeto (Novak, 1997). Por lo tanto, constituye una representación explícita y manifiesta de los conceptos y proposiciones que posee una persona. En su forma más simple, un mapa conceptual constaría tan sólo de dos conceptos unidos por una palabra de enlace.

Los elementos fundamentales de un mapa conceptual (ver más detalles en el artículo de Montagut *et al.*, 2007, publicado en esta revista) son:

- **Conceptos:** Es la regularidad en los acontecimientos o en los objetos que se designa mediante algún término. Generalmente se les escribe encerrados en círculos, elipses o rectángulos.
- **Palabras o frases de enlace:** Son escritas sobre la línea de enlace, para indicar la relación que existe entre dos conceptos.
- **Proposiciones:** Una proposición consta de dos o más términos conceptuales unidos por palabras o frases de enlace para formar una afirmación con significado. Algunas veces son llamadas unidades semánticas o unidades de significado.
- **Líneas de enlace:** Son las líneas conectivas que se utilizan para enlazar o unir los conceptos

Se considera que los mapas conceptuales entregan una “imagen” de cómo los conceptos clave están organizados/estructurados en la mente de los estudiantes en un contenido específico y son jerárquicos (Novak, 1997). Esto significa que las características de la representación estructural observada, describen gráficamente un aspecto importante de la estructura fundamental del conocimiento del estudiante, para lo cual se les solicita enlazar pares de conceptos en un dado dominio del conocimiento y rotular los enlaces con una breve explicación acerca de cómo se relacionan éstos. Otra característica importante de los mapas es la inclusión de los *enlaces cruzados*, que son relaciones entre conceptos de diferentes segmentos o dominios del mapa conceptual.

Los mapas conceptuales han sido utilizados para evaluar las estructuras del conocimiento de los estudiantes, especialmente en ciencias. La investigación muestra que la comprensión de un contenido está asociada a un rico grupo de relaciones entre conceptos importantes. Los estudiantes exitosos desarrollan estructuras de conceptos relacionados, elaboradas y altamente integradas (Mintzes *et al.* 1997), tal como los expertos lo hacen (Chi *et al.*, 1988; Glaser, 1991). Además, se sabe que las estructuras altamente organizadas facilitan la resolución de problemas y otras actividades cognitivas, por ejemplo generando explicaciones, o reconociendo rápidamente patrones significativos (Mintzes *et al.* 1997, Baxter *et al.* 1996). La investigación ha mostrado que la diferencia en el desempeño entre expertos y novatos se debe, mayoritariamente, a cómo está estructurado el conocimiento en sus memorias (Chi *et al.*, 1988; Glaser, 1991).

Ruiz-Primo y Shavelson (1996) han caracterizado las evaluaciones de mapas de conceptos por: (a) una *tarea* que invita a los estudiantes a entregar evidencia relevante respecto de su estructura de conocimiento en un contenido específico; (b) *un formato* para las respuestas de los estudiantes, y (c) *un sistema de puntaje* a través del cual el mapa de conceptos del estudiante pueda ser acuciosa y consistentemente evaluado. Sin estos tres componentes, un mapa de conceptos no puede ser considerado como una herramienta de medición.

Esta caracterización ha hecho evidente a Ruiz-Primo y colaboradores (1996, 1997), la enorme variación en las técnicas de mapeo de conceptos utilizadas en la investigación y la práctica. Esta variación surge de las diferencias en la naturaleza de las tareas de mapeo, las características de los formatos de respuesta, y las características de los sistemas de puntaje. Según estos investigadores, es muy probable que con las diferentes técnicas de mapeo se puedan extraer diferentes aspectos de la estructura de conocimiento. Por ejemplo, una dimensión en que la tarea puede variar es la restricción que se impone sobre los estudiantes para representar su comprensión relacionada al contenido. Ruiz-Primo y colaboradores (2000) han llamado a esta dimensión “direccionalidad” y han caracterizado las técnicas de mapas de conceptos según su grado de direccionalidad.

En el extremo izquierdo del continuo, las técnicas de mapeo son de *alta direccionalidad*: los estudiantes no seleccionan

Grado de Direccionalidad		
Alto	←————→	Bajo
Conceptos	Provistos por el Profesor	Provistos por el estudiante
Líneas de Enlace	Provistas por el Profesor	Provistas por el estudiante
Palabras de Enlace	Provistas por el Profesor	Provistas por el estudiante
Estructura del Mapa	Provista por el Profesor	Provista por el estudiante

(Fuente: Ruiz-Primo, *On the use of Concept Maps as an Assessment Tool*, 2000.)

Figura 1. Grado de direccionalidad en las tareas de evaluación de mapas de conceptos.

los conceptos a utilizar en el mapa, cuáles conceptos conectan, las palabras para explicar la relación entre conceptos, o la estructura del mapa. Los estudiantes llenan en un esqueleto de mapa, como lo proponen Schau & Mattern (1997), las áreas que han sido dejadas en blanco con la información que les ha sido entregada (con conceptos o palabras de enlace). Usualmente se entrega a los estudiantes las palabras de enlace en el esqueleto del mapa y ellos sólo deben seleccionar los conceptos a partir de una lista, con lo cual podría verse afectada la visión real de la estructura de conocimiento. En el extremo derecho del continuo, las técnicas de mapeo son de *baja direccionalidad*: los estudiantes deciden por sí mismos cuáles y cuántos conceptos incluyen en sus mapas, cuáles conceptos están relacionados y cuáles palabras utilizar para explicar la relación entre conceptos.

Ruiz-Primo & Shavelson (1996) estiman que las demandas impuestas en la tarea a los estudiantes son diferentes con las técnicas de mapeo de alta direccionalidad (del tipo, llene en el mapa) o baja direccionalidad (del tipo, construya un mapa), ya que con una técnica de baja direccionalidad los estudiantes necesitan tomar decisiones más informadas, y las demandas cognitivas que se requieren parecen ser más elevadas que las que se necesitan con una técnica de alta direccionalidad. Ellos indican que la construcción de un mapa de conceptos, sin que se entregue ninguna información al estudiante, debiera ser la técnica estándar debido a dos razones: 1) Las estructuras de los mapas de los estudiantes reflejan de forma más directa sus estructuras de conocimiento; en la medida que el conocimiento de los estudiantes aumenta en una materia específica, la estructura de los mapas de conceptos debería reflejar este incremento en el dominio, tal como sucede con los expertos. 2) Solicitar a los estudiantes que determinen los conceptos para construir un mapa entrega información de buena calidad respecto de su conocimiento en un contenido en particular. Sin embargo, consideran que una completa apertura en la tarea no es deseable en la práctica debido a problemas que pudieran presentarse en la comparación y asignación de puntajes a los mapas.

Resolución de problemas en un ambiente activo y cooperativo

La enseñanza de la unidad de Equilibrio Iónico se hizo utilizando como estrategia de aprendizaje la denominada clase cooperativa, cuyas ventajas fueron ampliamente descritas en un artículo publicado en esta revista, del cual el autor principal de este artículo fue coautor (Balocchi *et al.*, 2005). Allí se incluye, además, un detallado análisis de las referencias bibliográficas más fundamentales sobre el tema, por lo cual se remite a los lectores a ese artículo. En lo medular, se establece que esta estrategia aplicada en el salón de clase conduce a mayores logros de aprendizaje, crecimiento en las actitudes positivas hacia el tema estudiado, más alta autoestima, mejor aceptación de las diferencias existentes entre pares y elevado desarrollo conceptual en una amplia gama de situaciones y a lo largo de áreas diversas de contenido. Esta estrategia se sigue aplicando, incluso en cursos numerosos con resultados en rendimiento superiores a los obtenidos en la denominada clase tradicional o tipo conferencia (Lyon y Lagowsky, 2008).

Anteriormente, los autores de este trabajo dieron a conocer los resultados obtenidos en el análisis de mapas conceptuales para la unidad de equilibrio iónico, en la asignatura de Química General, utilizando la técnica de construcción de mapas de baja direccionalidad desarrollados en forma individual, ya que se estimó que se obtendría una mayor cantidad de información, respecto del grado de dominio de los alumnos en la unidad antes mencionada (Martínez y Espinoza, 2008). En el presente trabajo se continúa esta línea, analizando como hipótesis que aquellos alumnos que realizan mapas conceptuales más complejos, tendrán alto rendimiento en la resolución de problemas de química, en la unidad de Equilibrio Iónico, incluida tradicionalmente en los cursos de Química General.

Procedimiento experimental

Las clases teóricas —de Química General— fueron desarrolladas por el profesor titular de la asignatura, que es el autor principal de este trabajo, utilizando como método de ense-

ñanza el sistema denominado con el acróstico **MART**, que resume las siguientes actividades: primero, el profesor aporta la Motivación por el estudio de la unidad, señalando su importancia y recurriendo a experiencias de los propios alumnos de modo de poder enseñar en un contexto conocido; luego se Analizan los conceptos más importantes de la unidad, partiendo desde lo más simple a lo más complejo. Para ello, se utilizan las clásicas presentaciones en Microsoft PowerPoint, disponibles para los docentes según los textos guías (en nuestro caso, los capítulos 15 y 16 del texto de Raymond Chang, *Química*, McGraw-Hill, 7ª ed., México, 2003). Posteriormente el profesor Resuelve problemas-tipo de cada subunidad, tras lo cual se inicia la resolución de problemas en un ambiente activo cooperativo, con guías que se desarrollan en forma grupal y otras en forma individual, seguidas de una evaluación en grupo y otra individual, y finalmente se incentiva la Transferencia del aprendizaje a situaciones nuevas, resolviendo problemas no analizados previamente.

Dentro de este marco de aprendizaje, en donde se estimula la internalización de conceptos, y se promueve el desarrollo cognitivo a través del trabajo activo entre pares en el aula (cuyas ventajas fueron descritas en el artículo ya mencionado de Balocchi *et al.*, 2005), se consideró válido recurrir a la utilización de mapas conceptuales de construcción, como un método para estimular el aprendizaje significativo en el área de Equilibrio Iónico, para lo cual se procedió según se describe a continuación:

Finalizado el tratamiento de cada sub-unidad de Equilibrio Iónico, durante las clases de ejercicios programadas para la asignatura, el profesor procedió a la paulatina introducción sobre las formas de construir los mapas conceptuales y se les entregó un instructivo destinado a reforzar y/o clarificar el método de construcción de mapas conceptuales. Luego, se procedió a la construcción de los mapas con carácter de trabajo individual, para lo cual los alumnos contaron sólo con una hoja de papel y un lápiz. Se destinó una sesión de clases de 90 minutos para esta tarea. Los autores no usaron la técnica descrita por Montague en esta revista (2007) de elaboración de mapas individuales o grupales, según preferencia, pero sí que los mapas fuesen hechos después de haberse abordado el tema en clases.

Se trabajó con una muestra de 24 alumnos, que decidieron trabajar voluntariamente, de un total de 30 que cursaban la asignatura de Química General, todos ellos estudiantes de la carrera de Bioquímica, impartida por la Facultad de Química y Biología de la Universidad de Santiago de Chile.

Luego de obtener los mapas, y para determinar la relación establecida por los alumnos entre los conceptos, se procedió a su evaluación. Se utilizó la técnica de contabilización de conceptos, la jerarquización y complejidad de los mapas. Durante el análisis de los mapas se vio la necesidad de clarificar el uso y relación de algunos conceptos, por lo cual se aplicó una encuesta de decodificación de los mismos. Luego del análisis cualitativo y cuantitativo de las encuestas, se determinó la necesidad de revisión de conceptos en los apuntes de clases y los

libros de texto de los alumnos, para comparar y extraer conclusiones de sus respuestas. La misma muestra de alumnos que trabajó en la elaboración de los mapas, participó en la aplicación de la encuesta de decodificación. Los mapas de los alumnos se clasificaron en mapas complejos, de mediana complejidad y de baja complejidad. Una vez finalizada esta tarea, se decidió comparar el grado de complejidad de los mapas conceptuales con las calificaciones obtenidas en la Prueba Específica Programada para la unidad (denominada PEP 1), a fin de determinar si existía algún grado de relación entre ambos.

La Prueba Específica Programada (PEP 1) incluía 4 preguntas abiertas. La primera requería calcular el pH de cinco soluciones: una de NaHSO_4 0.1 M y otras cuatro preparadas por neutralización total o parcial de diversas soluciones de bases mono o polipróticas con HCl de diversas concentraciones. La segunda, calcular el pH final de una solución neutralizadora del pH (buffer) a la cual se le agrega un ácido o una base fuerte monoprotico. La tercera, calcular la concentración de todas las especies presentes en una solución obtenida por reacción de NH_3 con exceso de HCl. La cuarta, preguntaba sobre aplicaciones de la constante de producto de solubilidad a precipitación selectiva (ver la prueba en Anexo).

Paralelamente, se solicitó a dos profesores de Química de la Facultad, la generación de mapas conceptuales en el área de Equilibrio Iónico, según su experticia, los cuales sirvieron para corroborar el número de conceptos y la estructura conceptual relacionada a la unidad, que utilizan los expertos en el tema.

Resultados

En la tabla 1 se presenta el número de conceptos mencionados por cada alumno participante en este estudio, del total establecido por los autores.

En la tabla 2 se presenta el grado de complejidad de los mapas conceptuales según la clasificación de los autores, en función de las notas obtenidas en la Prueba Específica Programada (denominada PEP1) para la unidad de Equilibrio Iónico. La escala de notas va de 1.0 a 7.0, siendo la nota 4.0 la mínima para aprobación.

La figura 2 muestra el número de conceptos totales de cada alumno, versus la nota obtenida en la PEP 1, en la escala de 1 a 7, para la unidad de Equilibrio Iónico y el índice de correlación entre ellos.

La figura 3 muestra sólo con carácter referencial, el impacto del método MART aplicado en un ambiente activo cooperativo utilizado en las clases teóricas de la Unidad de Equilibrio Iónico, considerando el total de alumnos que cursó la asignatura (30 alumnos), de los cuales 24 construyeron los mapas. Los rendimientos observados son satisfactorios, siendo el promedio de 5.1.

Análisis y discusión de los resultados

Tras el análisis de los textos utilizados y la opinión de expertos (dos profesores independientes más los dos autores de este trabajo), se consideró que como muestra de dominio de la unidad de equilibrio iónico debería manifestarse la presen-

Tabla 1. Presencia de conceptos por alumno por mapa conceptual.

Alumnos/Presencia Conceptos	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	N° de Conceptos Totales	Conceptos Eq. Homogéneo	Conceptos Eq. Heterogéneo									
1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	23	20	3								
2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	16	16	0						
3	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	23	19	4					
4	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	19	17	2					
5	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	15	15	0					
6	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	20	16	4					
7	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	15	15	0					
8	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	21	21	0						
9	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	22	18	4						
10	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	21	18	3						
11	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	14	12	2						
12	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	21	18	3						
13	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	14	14	0						
14	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	19	17	2						
15	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	11	11	0						
16	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	16	14	2					
17	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	16	13	3					
18	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	22	20	2						
19	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	21	18	3						
20	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	14	11	3					
21	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	19	15	4					
22	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	20	19	1						
23	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	19	16	3					
24	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	10	10	0					
Suma	18	15	4	2	13	22	6	8	6	8	22	22	20	1	9	8	11	9	6	9	9	22	6	8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	8	18	15	14	15	0	4			
% Pr	75	63	17	8	54	92	25	33	25	33	92	92	83	4	38	33	46	38	25	38	38	92	25	33	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	92	92	83	96	25	33	75	63	58	63	0	17

Tabla 2. Clasificación de los Mapas por Complejidad según Rango de Notas

Calificación PEP1	Número de mapas	Complejidad		% del total
6 a 7	10	C	6	60%
		MC	2	20%
		BC	2	20%
5 a 5,9	8	C	0	
		MC	6	75%
		BC	2	25%
4 a 4,9	2	C	2	100%
		MC	0	
		BC	0	
3 a 3,9	3	C	0	
		MC	3	100%
		BC	0	
2 a 2,9	1	C	0	
		MC	0	
		BC	1	100%

cia de 38 conceptos, 33 correspondientes al área de equilibrio homogéneo y los cinco restantes, al área de equilibrio heterogéneo. En la muestra de 24 mapas conceptuales obtenida de los alumnos, y que fue descrita en un trabajo anterior (Martínez y Espinoza, 2007-2008), el total máximo observado fue de 23 conceptos, lo cual representa un 60,5% del máximo posible, mientras que el mínimo observado fue un total de 11 conceptos que corresponde a un 29% del máximo posible. Si se desagrega, la unidad de Equilibrio Iónico por áreas, se observó un máximo de 21 conceptos reportados por un alumno para equilibrio homogéneo y 4 para equilibrio heterogéneo, lo que significa la presencia de un 63,6% y un 80,0% respectivamente.

Como se puede observar en la tabla 1, realizada a partir del análisis de los mapas de los alumnos, existen conceptos que muestran escasa o poca presencia, como es el caso de Concentración Analítica, Ácidos y Bases Mono y Polipróticas, Electrólitos y Ionización, Titulación, Neutralización, Curva de Titulación, Punto de Equivalencia e Indicador. A partir de los resultados de la encuesta aplicada a los alumnos se desprenden las razones de la escasa o poca presencia de conceptos, de las cuales se exponen sólo algunas de ellas:

- Concentración analítica: Sólo un alumno lo menciona, aunque el concepto es considerado como importante para el cálculo del pH de una solución en un 100% de las encuestas, pues se debe distinguir entre concentración analítica y concentración de cada especie en solución.
- En el caso de ácidos mono y polipróticos, un 76,5% de los alumnos olvidó diferenciarlos. Un 11,8% no lo considera necesario y otro 11,8% opina que no se diferencian porque tienen el mismo tratamiento matemático al resolver problemas. Estos argumentos podrían ser indicadores de una posible mecanización en la resolución de problemas.

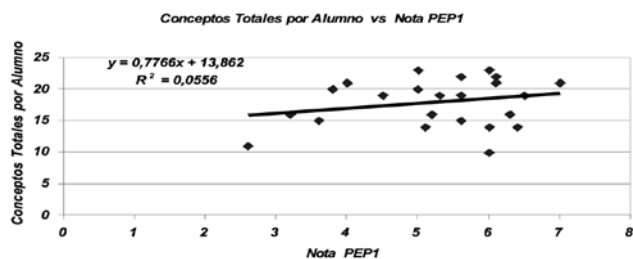


Figura 2. Conceptos totales por alumno vs nota en la PEP1.

- En las clases de teoría se puso un fuerte énfasis en las curvas de titulación, y el cálculo de pH en las diversas zonas por lo que llamó la atención la escasa presencia de éste y otros conceptos en los mapas. A este respecto, la mayoría de los alumnos argumenta que no recordó estos conceptos al hacer el mapa, lo cual podría ser interpretado como índice de una falla en la construcción de la estructura conceptual de los alumnos en este contenido específico.
- No se detectó la diferenciación de las bases como mono y polipróticas, lo que podría ser atribuible a la falta de asociación del concepto de base con la captación de protones, según el concepto de Lowry-Brönsted.
- En cuanto al concepto de electrólitos, un 40% de los alumnos no recordó el concepto al hacer el mapa, un 40% no lo considera necesario y un 15% no lo relaciona con ácidos y bases.
- El concepto de ionización sólo se menciona en el 8% de los mapas. Un 36% de los alumnos considera que ionización y disociación son un mismo concepto y un 32% tiene claro que ácidos y bases pueden ionizar o disociar. Otro 20% cree que los ácidos sólo ionizan y un 12% que disocian. Al igual que en el caso de electrólitos, se cree necesario que se dedique mayor tiempo y énfasis a estos conceptos en el primer nivel de química general, para posteriormente reforzarlos en el segundo nivel. Avala

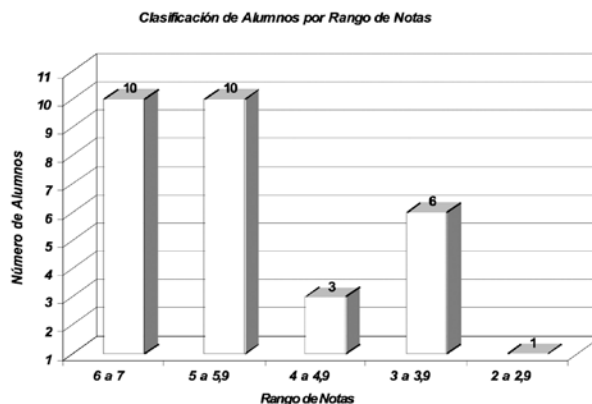


Figura 3. Clasificación de los alumnos por rango de notas.

esta sugerencia que más del 70% de los alumnos aduce que los libros son su mayor fuente de información, y sólo en uno de ellos se encontró el tratamiento adecuado a ambos conceptos.

- La escasa presencia de otros conceptos como la constante de autoionización, K_w , y la escala de pH, es explicada por los alumnos ya sea porque el concepto está implícito en otros, como el caso de K_w , o bien porque es innecesario considerarlo en el mapa, como es el caso de la escala de pH, ya que según los alumnos está implícita, se conoce y se usa. Estas respuestas permiten apreciar la necesidad de dar mayor énfasis a todo concepto involucrado en la resolución de problemas y su indispensable manifestación explícita.

En los mapas hubo escaso desarrollo de los conceptos en el área de equilibrio heterogéneo, lo cual se explica ya que un 52% de los alumnos manifestó no tener dominio completo del tema, un 25% lo considera el área de mayor dificultad de la unidad, y un 8,3% reconoció haber dedicado su mayor esfuerzo al área de equilibrio homogéneo.

Se detectó escasa utilización de palabras de enlace en los mapas, pese a que estaban instruidos respecto de la importancia de su uso. La encuesta arrojó que un 68,8% de ellos considera que las relaciones se entienden sin ellas y un 12,5% no las cree necesarias. Estas opiniones resultan justificables, porque para quien construye un mapa es clara la relación que los conceptos mantienen entre ellos. Pero, para quien los analiza, resultan indispensables para determinar la validez de las relaciones y son el medio para detectar probables errores conceptuales.

Un 95,8% de los mapas mostró una estructura jerárquica sin que hubiese instrucción alguna para construir un mapa con dichas características, lo que permite considerar como válida la teoría del aprendizaje significativo, en cuanto a que el conocimiento se construye en torno a un concepto central más inclusivo, y que los conceptos específicos o menos inclusivos se subordinan a él. De igual modo, se observó que aunque existan mapas parecidos, se detectan diferencias entre ellos, lo que permite considerar la estructuración del conocimiento como idiosincrásica.

Complejidad de los mapas

El análisis detallado de los mapas de los alumnos permitió las siguientes definiciones y estimaciones:

1. *Mapas complejos*: Su principal característica es una buena diferenciación de los conceptos presentes, buena discriminación de la relación entre conceptos, presencia de enlaces múltiples y en la mayoría de ellos utilización de palabras de enlace. En estos casos, puede suponerse que la complejidad de los mapas da cuenta de un buen grado de comprensión adquirida por los alumnos en el área.
2. *Mapas de mediana complejidad*. En relación a los mapas complejos, los mapas de mediana complejidad presentaron menor grado de diferenciación entre conceptos y de

las relaciones entre éstos. No se detecta la presencia de enlaces múltiples y puede o no haber utilización de palabras de enlace (no se utilizan en un 63% de los mapas medianamente complejos). En estos casos, se hace difícil estimar el grado de dominio del contenido por parte del alumno, si bien se reconoce como presente la estructura conceptual relacionada al área.

3. *Mapas de baja complejidad*. En los cinco casos detectados, la principal característica asociada es la presencia de conceptos más generales e inclusivos y por ende menor presencia de conceptos poco inclusivos, por lo que existió menor diferenciación de conceptos y sus relaciones. Sólo hubo utilización de palabras de enlace en dos de estos mapas. En estos casos, no puede afirmarse con certeza que no existía algún grado de dominio del contenido, o que no había estructura conceptual establecida.

Tal como puede observarse en la tabla 2 y de acuerdo con las definiciones anteriores se obtuvo que: ocho mapas (33,3%) fueron clasificados como complejos, 11 (45,83%) medianamente complejos y 5 (20,83%) de baja complejidad.

Durante el análisis de los mapas conceptuales y la encuesta de decodificación, dos hechos llamaron la atención: a) No haberse encontrado correlación significativa entre el número de conceptos presentes y las notas de los alumnos y b) Haber encontrado signos de aprendizaje repetitivo o mecanización en la resolución de problemas asociados a la materia en estudio. Con relación a no encontrar correlación significativa entre el número de conceptos y las notas de los alumnos, cabe hacer notar que los conceptos de mayor presencia en los mapas conceptuales son aquellos más generales denominados inclusores. La falta de mención de conceptos menos específicos podría ser la causa de la escasa correlación entre conceptos y notas de los alumnos, lo que puede deberse a que quienes no los hacen presentes están en etapa de construcción de la estructura conceptual relacionada a la unidad, por lo que no lograban hasta ese momento dominio o comprensión total del contenido. Esta situación no puede considerarse ilógica, ya que la construcción de una estructura conceptual no es inmediata al estudio de una materia, sino que es un proceso gradual. La diferenciación de la estructura cognitiva y el dominio se realizará en la medida en que se lleguen a comprender los contenidos y se adquieran nuevos conocimientos relacionados.

Respecto de los indicios de aprendizaje repetitivo o mecánico que fueron detectados en estos alumnos de primer año de universidad, pueden ser explicables desde varios puntos de vista:

- a. Problema de motivación, que se caracteriza por buscar la obtención de una calificación y la satisfacción que de ello surge.
- b. El cambio radical producido desde los patrones de estudio del colegio hasta la universidad, en donde grandes volúmenes de materia deben ser aprendidos en corto tiempo.

- c. Desconocimiento de algunas de las materias en estudio, por lo cual los alumnos pueden verse enfrentados a cuerpos de conocimiento absolutamente nuevos.
- d. Desde el punto de vista del aprendizaje significativo y el aprendizaje repetitivo, es importante considerar los siguientes puntos:
 - Para Ausubel el aprendizaje significativo y el aprendizaje por repetición no son procesos dicotómicos, sino que forman parte de un continuo y pueden ocurrir concomitantemente en una misma tarea de aprendizaje (Ausubel *et al.*, 1976).
 - Según Moreira el aprendizaje repetitivo sea, tal vez, deseable o necesario, por ejemplo en el caso de una fase inicial de aprendizaje de un nuevo cuerpo de conocimientos (Moreira, 2000).
 - De acuerdo con De Posada (2002) el aprendizaje significativo no se puede entender como un proceso revolucionario sino evolutivo, especialmente en áreas complejas con múltiples interrelaciones conceptuales. El aprendizaje significativo se produce gradualmente a medida que se realizan nuevas relaciones sustantivas con conceptos, experiencias, hechos y objetos conocidos por el individuo.

Expuestos estos planteamientos respecto de los aprendizajes repetitivos y significativo, y sumados a las razones antes mencionadas, no sería extraño encontrar índices de aprendizaje repetitivo o mecánico durante las primeras fases de aprendizaje de cualquier cuerpo de conocimiento. Sin embargo, lo trascendental es que este aprendizaje memorístico se transforme en aprendizaje significativo; tarea que, de acuerdo con la teoría del aprendizaje significativo compete en su parte fundamental al alumno, quien debe relacionar intencionalmente los nuevos conocimientos con los ya adquiridos.

En función de todos los antecedentes expuestos, también podría darse que la baja correlación entre el número de conceptos y la nota obtenida, se deba a que en el momento de realización del mapa conceptual predominara, en algunos alumnos, el aprendizaje mecánico o memorístico más que el comprensivo.

Conclusiones

1. El análisis de los mapas conceptuales de los alumnos permite validarlos como una herramienta útil para determinar el grado de dominio de una materia específica, a través de la imagen que entregan del grado de desarrollo conceptual, relación entre conceptos y los conceptos generales y específicos que cada alumno presenta.
2. El mapa de conceptos es una herramienta valiosa para el profesor, ya que permite, como se hizo en este trabajo, detectar el grado de omisión de conceptos en los alumnos y los errores conceptuales o concepciones alternativas, lo cual permite dirigir tanto acciones de reforzamiento como de corrección de concepciones erróneas.

3. Aunque existan mapas conceptuales parecidos, existen los elementos que los diferencian, lo que permite validar que la construcción del conocimiento, reflejada en los mapas, es definitivamente idiosincrásica.
4. No se sugiere la evaluación de los mapas de los alumnos mediante la utilización de los mapas de expertos como pautas de corrección, ya que no existe igual grado de comprensión relacionada a una materia específica. Sin embargo, se sugiere una discusión interdisciplinaria para acordar los conceptos básicos que logren un mejor desempeño posterior de los alumnos.
5. No se encontró correlación significativa entre el número de conceptos *versus* la nota obtenida en la respectiva prueba. Esto, puede implicar que la habilidad de resolver problemas en química no necesariamente refleja la comprensión conceptual del contenido o que los alumnos se encuentran en la etapa de construcción de la estructura conceptual de una materia específica, o bien que en algunos alumnos predominaba el aprendizaje asociativo más que el comprensivo al momento de la construcción del mapa.
6. Los resultados obtenidos por los alumnos en la PEP 1 de Equilibrio Iónico permitieron considerar a la estrategia de aprendizaje activo y cooperativo, MART, como un método eficaz en la mediación de aprendizaje, que no sólo facilita el aprendizaje de conceptos y resolución de problemas, sino que resulta eficaz en la transferencia de aprendizaje a situaciones nuevas. Con relación al rendimiento de los alumnos en la PEP 1 y la aplicación del método MART se obtiene que: 20 alumnos (66,7%) obtuvieron calificación muy buena o buena (superior a 5,0), tres alumnos (10%) calificación suficiente y sólo siete alumnos (23,3%) calificación insuficiente (bajo 4,0). Finalizado el curso, sólo tres alumnos reprobaron la asignatura (10%).
7. La hipótesis inicial de este trabajo planteaba que los alumnos de alto rendimiento realizarían mapas más complejos. Con relación a esta hipótesis y considerando de alto rendimiento las calificaciones entre 6,0 y 7,0, se encontró que 10 alumnos de 24 se encuentran en este rango. Del análisis de los mapas de estos alumnos, se desprende que un 60% (6 mapas) son complejos, un 20% (dos mapas) son de mediana complejidad y otro 20% (dos mapas) son de baja complejidad. Debe mencionarse que dos alumnos que obtuvieron calificación suficiente también fueron capaces de construir mapas complejos. Estos resultados corroboran que la complejidad de los mapas es el reflejo del dominio de una materia y éste es la base de la capacidad para la resolución de problemas. Sin embargo, también reafirman que la comprensión no necesariamente se asocia a la habilidad de resolución de problemas, ya que en ocasiones el aprendizaje de tipo algorítmico también permite su resolución.

Agradecimientos

Los autores agradecen a Fondecyt, proyecto 1020032 y a DICYT-USACH proyecto 0362MM por el financiamiento parcial de este proyecto.

Bibliografía

- Ausubel, D.P.; Novak, J.D.; Hanessian, H.P. *Psicología Educativa: Un punto de vista cognoscitivo*. Editorial Trillas, México, 1ª ed., 1976.
- Balocchi, E.; Modak, B.; Martínez, M.; Padilla, K.; Reyes, F.; Garritz, A. Aprendizaje cooperativo del concepto "cantidad de sustancia" con base en la teoría atómica de Dalton y la reacción química. Parte I: El aprendizaje cooperativo. Anexo: cuadernillo 'La reacción química y su representación', *Educ. quím.*, **16**, 469-485, 2005.
- Baxter, G.P.; Elder, A.D.; and Glaser, R. Knowledge-based cognition and performance assessment in the science classroom, *Educational Psychologist*, **31**, 133-140, 1996.
- Chi, M.T.H.; Glaser, R.; and Farr, M.J. *The Nature of Expertise*. Hillsdale, NJ: Lawrence Earlbaum Associates Publishers, 1988.
- Coll, C. "Un marco de referencia psicológico para la educación escolar: La concepción constructivista del aprendizaje y la enseñanza". En: C. Coll, J. Palacios y A. Marches (eds.). *Desarrollo Psicológico y Educación II*. Madrid: Alianza. España, 1990.
- De Posada, J.M. Memoria, cambio conceptual y aprendizaje de las ciencias. *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias*, **1**(2), artículo 4, 2002. Consultada por última vez en enero 2009 en <http://www.saum.uvigo.es/reec>
- Gil D. Contribución de la Historia y Filosofía de las Ciencias al desarrollo de un modelo de enseñanza/aprendizaje como investigación, *Enseñanza de las Ciencias*, **11**, 197-212, 1993.
- Glaser, R. Expertise and Assessment. En: M.C. Wittrock and E.L. Baker (eds.) *Testing and cognition* (pp. 17-39), Englewood Cliffs, NJ: Prentice Hall, 1991.
- Lyon, D.C.; Lagowsky, J.J. Effectiveness of facilitating small-group learning in large lecture classes. A General Chemistry case study, *Journal of Chemical Education*, **85**, 1571-1576, 2008.
- Mintzes, J.J.; Wandersee, J.H. & Novak, J.D. *Teaching Science for Understanding*. San Diego: Academic Press, 1997.
- Martínez, M.; Espinoza, A. Análisis de mapas conceptuales para la unidad de equilibrio iónico en la asignatura de Química General. *Anuario Latinoamericano de Educación Química*, **XXI(XXIII)**, 17-25, 2007-2008.
- Montagut, P.; Sansón, C.; Valero, P.; González, L.; Pidal, M. Los mapas conceptuales como estrategia para la enseñanza/aprendizaje de química general, *Educ. quím.*, **17**(2), 140-145, 2007.
- Moreira, M.A. *Aprendizaje Significativo: Teoría y Práctica*. Visor. Madrid, España, 2000.
- Novak, J.D.; Gowin D.B. *Aprendiendo a Aprender*. Editorial Planeta Chilena. Santiago de Chile, 1997.
- Ruiz-Primo, M.A. and Shavelson, R.J. Problems and issues in the use of concept maps in science assessment, *Journal of Research in Science Teaching*, **33**, 569-600, 1996.
- Ruiz-Primo, M.A.; Shavelson, R.J & Schultz, S. E. *On the validity of Concept Maps-Based Assessment Interpretations. An Experiment Testing Assumption of Hierarchical Concept Maps in Science*. Trabajo presentado en AERA Annual Meeting. Chicago, IL, 1997.
- Ruiz-Primo M.A. (2000). On the use of concept maps as an assessment tool in science: What we have learned so far: *Revista Electrónica de Investigación Educativa*, **2**(1). Consultada en enero, 2009 en <http://redie.uabc.mx/vol2no1/contents-ruizpri.html>
- Schau, C. & Mattern, N. Use of map techniques in teaching applied statistics courses, *The American Statistician*, **51**, 171-175, 1997.
- Vigotsky, L. *El desarrollo de los procesos psicológicos superiores*. Crítica. Barcelona. España, 2000.

Anexo

Universidad de Santiago de Chile
Facultad de Química y Biología
Departamento de Química de los Materiales
Profesor: Manuel Martínez M.

Primera Prueba Específica Programada. Química General II

Nombre:

Nota: Resuelva el control en hoja separada, y luego escriba la respuesta, en el espacio expresamente asignado.

1.- Calcule sólo con primera aproximación el pH de las siguientes soluciones acuosas:

- NaHSO₄ 0,10 M
- Solución obtenida por reacción de 50 mL de Na₂CO₃ 0,1 M con 50 mL de HCl 0,2 M.
- Solución obtenida por reacción de 50 mL de NaOH 0,2 M con 50 mL de HAc 0,4 M.
- Solución obtenida por reacción de 50 mL de NH₃ 0,2 M con 50 mL de HCl 0,4 M
- Solución obtenida por reacción de 50 mL de carbonato de sodio 0,2 M con 25,0 mL de ácido clorhídrico 0,2 M.

Respuestas: _____

(1,5 puntos)

2. Calcule el pH de la solución obtenida por reacción de 50 mL de solución de un buffer de acetato de sodio 1,0 M y ácido acético 1 M, con: a) 50 mL de HCl 0,2 M; b) 50 mL de NaOH 0,2 M.

(1 punto)

R.: a) pH = _____ b) pH = _____

3. Se prepara una solución mezclando 25,0 mL de amoníaco 0,10 M con 50,0 mL de ácido clorhídrico 0,10 M. Calcule la concentración de TODAS las especies presentes, y el pH de la solución resultante

(1,5 puntos)

Respuestas:

a) _____ b) _____ c) _____
d) _____ e) _____ f) _____

4. a) Se añade hidróxido de sodio sólido a una disolución 0,01 M de nitrato de magnesio hasta obtener una solución final cuyo pH es 12,00. Calcule la concentración de iones magnesio en la solución final si la K_{ps} del hidróxido de magnesio es 1,1 E-11.

(1 punto)

R.: _____

b) Se dispone de una solución 0,010 M en Cu²⁺ y 0,010 M en Zn²⁺ acidificada con HCl 1,00 M. Si se hace burbujear ácido sulfhídrico hasta que su concentración sea 0,10 M, determine que especie precipita primero. Si se desea que precipite la segunda especie, a que pH se debe ajustar la solución.

(1 punto)

R.: Precipita primero: _____ pH = _____

DATOS : K_b NH₃ = 1,8 E-5 ; K_a HAc = 1,8 E-5

K_{a1} = 4,3 E-7, K_{a2} = 5,6 E-11 para H₂CO₃,

K_{a2} = 1,0 E-2 para H₂SO₄

K_{a1} = 7,1 E-3, K_{a2} = 6,3 E-8

K_{a3} = 4,5 E-13 para H₃PO₄

K_{a1} = 1,3 E-7, K_{a2} = 7,1 E-15 para H₂S

K_{ps} de CuS = 1,3 E-36

K_{ps} de ZnS = 1,6 E-24