

La selección de contenidos conceptuales en los programas de estudio de Química y Ciencias Naturales chilenos: análisis de los niveles macroscópico, microscópico y simbólico

Saúl Contreras y Alexis González*

ABSTRACT (Conceptual content selection in Chilean chemistry and natural sciences curricula: analysis of the macroscopic, microscopic and symbolic levels)

The selection of the conceptual contents in chemistry constitutes a key aspect when approaching its teaching. This work analyses what of and how the topic “matter” is presented in the Chilean primary and secondary curriculum of the disciplines of Natural Sciences and Chemistry, by means of using concepts and frequency maps. Consequently, range and conceptual diversity were determined in accordance with the levels of representation used in chemistry. The main findings indicate that the selection of contents is varied, however characterized for being discontinuous and not well structured. The majority of the concepts are qualitative and macroscopic, conversely microscopic and symbolic concepts are introduced late and abruptly in the programs, being concentrated at the end of primary and at the onset of secondary education. These findings have a direct impact on the design of the curriculum that guides the chemistry programs, on how these are taught, on the initial and continuous training of science teachers, and on the improvement of the quality of the learning outcomes.

KEYWORDS: matter, levels of representation, chemistry curriculum, teaching approaching, educational background

Resumen

La selección de los contenidos conceptuales en la química constituye un aspecto clave cuando se quieren enseñar. Este trabajo analiza cómo y qué del tópic “la materia” se presenta en los programas de estudio de primaria y secundaria chilena de las disciplinas de las Ciencias Naturales y Química, mediante el uso de conceptos y mapas de frecuencia. De esta forma, se determinaron la amplitud y diversidad conceptual según los niveles de representación utilizados en química. Los principales resultados indican que la selección de contenidos es muy variada, pero se caracteriza por ser discontinua y no estar bien estructurada. La mayoría de los conceptos son cualitativos y macroscópicos, contrario a los conceptos microscópicos y simbólicos que son presentados tardía y abruptamente en los programas, concentrados al final de primaria y al inicio de la educación secundaria. Estos resultados tienen un impacto directo en el diseño del curriculum que orienta los programas de química y cómo se enseña, en la formación inicial y continua de los profesores de ciencias y en la mejora de la calidad de los resultados del aprendizaje.

Palabras clave: materia, niveles de representación, curriculum de química, método de enseñanza, formación académica

Introducción

La química es una de las tres disciplinas básicas en el currículo de ciencias naturales de la educación chilena y es considerada como fundamental para la comprensión de los fenómenos naturales. Pese a su relevancia, el interés por es-

tudiar y/o seguir carreras científicas es muy bajo, dado el nivel de dificultad que representa su estudio (Uribe, 2009). De hecho, los resultados en pruebas estándares muestran tal grado de dificultad. Por ejemplo, en PISA (2006; 2009) Chile se ubica por encima del promedio latinoamericano, pero los estudiantes no son capaces de identificar y explicar fenómenos científicos. De igual modo, en la prueba nacional INICIA (evaluación que permite determinar el nivel de competencia que tienen los futuros profesores), de un total de 3,224 futuros profesores solo un 45% obtuvo respuestas correctas en la prueba de conocimientos disciplinares (2009), tendencia que se repite el año 2011. En esta línea es que algunos de los

*Departamento de Educación, Facultad de Humanidades, Universidad de Santiago de Chile, República de Chile.

Correo electrónico: saul.contreras@usach.cl

Fecha de recepción: 21 de noviembre de 2012.

Fecha de aceptación: 26 de julio 2013.

temas clave sobre los cuales se ha centrado el debate curricular de ciencias —nacional e internacional— durante los últimos años, en particular de la química, ha sido en torno a las preguntas: ¿Qué estrategias promueven aprendizajes de calidad? ¿Qué dificultades tienen los estudiantes para aprender un determinado contenido? y ¿Qué contenidos se deben enseñar? (Caamaño, 2007).

Al respecto, la investigación señala que una mejora sustancial en el desempeño y en los resultados se relaciona con qué y cómo están declarados los contenidos en los programas de estudio y, por lo tanto, en la selección, secuenciación de contenidos conceptuales y el diseño de las unidades didácticas para su enseñanza y evaluación, sobre todo en aquellas disciplinas de naturaleza abstracta, como es la química (Gabel, 1999; González, *et al.*, 2009; Espíndola y Campanini, 2012).

El currículo de química se caracteriza por presentar contenidos conceptuales abstractos, difíciles de comprender por los estudiantes y totalmente ajenos a sus experiencias e ideas (Gabel, 1999; Sosa y Méndez, 2011). Para mejorar la comprensión de estos contenidos conceptuales y de los fenómenos químicos asociados, se proponen tres niveles de representación (tripleto químico): macroscópico, microscópico y simbólico, los cuales es necesario integrar en la enseñanza de la disciplina (Johnstone, 1991, 2000). Así, el estudiante podrá desarrollar un pensamiento abstracto, construir un modelo mental que le permita explicar los fenómenos cotidianos al integrar dicho tripleto químico y así mejorar sus aprendizajes (Gabel, 1999; Gilbert y Treagust, 2009).

Por lo tanto, y dado que los programas de estudio tienen un rol importante en el diseño de la enseñanza, debemos reconocer que también tienen un papel en el desarrollo de capacidades para trasladarse entre estos niveles de representación (Gilbert y Treagust, 2009). No obstante, las posibilidades de promover el desarrollo de capacidades y mejores aprendizajes ocurrirá si la selección de los contenidos conceptuales tiene las características de ser continua, coherente y articulada en toda la trayectoria formativa, evitando vacíos en las secuenciaciones (Prieto, Blanco y Brero, 2002).

Planteamos considerar una articulación horizontal (continuidad e integración entre las partes del currículum y sus niveles de representación) y vertical (continuidad e interrelación del currículum entre cursos) (Painho, Curvelo y Jovani, 2007; Collins y O'Brien, 2011). Así, siendo explícita la integración del tripleto químico, habrá además una progresión que podrá considerar conceptos generales (inclusivos) que faciliten la asociación e incorporación de conceptos específicos (inclusores) en la estructura cognoscitiva del estudiante, de manera que el aprendizaje sea gradual (Corcoran, Mosher y Rogat, 2009; Matus, 2009). En este sentido, y atendiendo a que no existe debate sobre qué es progresión en el aprendizaje (Garriz y Talanquer, 2012), desde nuestra perspectiva consideramos que la progresión no se trata de hacer más complejo en sí mismo el aprendizaje, sino más bien aumentar el nivel de comprensión sobre un tema particular, tornándolo más inclusivo y haciendo que el estudiante rela-

cione conceptos de la ciencia con los distintos aspectos de su naturaleza, pero a menudo los programas de estudio ignoran los elementos antes señalados, a lo que se suma la falta de integración de los tres niveles de representación (Treagust y Chandrasegaran, 2009). Arana y González (2006) señalan que se debe hacer explícito en los programas de estudio el tripleto químico, tanto en términos de átomos y moléculas, como en términos de un lenguaje cotidiano y familiar. De hecho, se señala que la razón por la cual los estudiantes tienen dificultades para comprender la química, en particular el tópico “la materia”, se debe a la falta de integración entre los niveles de representación, tanto en la planificación de la enseñanza como en su desarrollo (Gillespie, 1997; Garriz y Trinidad, 2006; Gilbert y Treagust, 2009).

En este marco desarrollamos la presente investigación, con el objetivo de analizar la selección curricular de los programas de estudio de ciencias naturales y química chilenos y describir cómo son presentados los contenidos conceptuales relacionados con el tópico o tema “materia” a lo largo de la formación en primaria y secundaria. En definitiva, nos preguntamos ¿qué tipo de conceptos son presentados? y ¿cuál es su amplitud y diversidad conceptual?

Contexto y metodología de la investigación

Este estudio forma parte de una investigación más amplia sobre el análisis de la articulación curricular de los programas de estudio de ciencias naturales y química. Cabe señalar, que en la actualidad, en el sistema educativo chileno la primaria está dividida en ocho cursos, desde primero básico hasta octavo básico, mientras que la secundaria en cuatro, comenzando con primero medio. Las unidades de análisis desde las cuales se recogió información fueron los libros oficiales de los programas de estudios de ciencias naturales y química, desarrollados por el Ministerio de Educación (MINEDUC) en los Decretos N°220/240 y N°256/254.

Aquí presentamos una de las tres categorías utilizadas para analizar la articulación curricular de los contenidos conceptuales, la de selección. Esta categoría hace referencia a un listado de contenidos conceptuales relativos a un área de conocimiento y tema (tópico) en particular (Meza, *et al.*, 2009). Para profundizar en la selección de los contenidos conceptuales diseñados en los programas de estudio, se consideraron además los siguientes aspectos para tratar su diversidad o tipo conceptual (Martín del Pozo, 2001):

- **Cuantitativos:** corresponde a conceptos relacionados con las unidades de medida y propiedades extensivas e intensivas de la materia, como por ejemplo masa y presión, respectivamente; además, de conceptos vinculados con cantidad de sustancia.
- **Teorías, leyes y modelos:** este aspecto incorpora conceptos relacionados con las principales teorías y modelos atómicos, además de las leyes ponderales.
- **Cualitativos:** incluye conceptos *generales* y *específicos* relacionados con la materia, sus características y propiedades. Los primeros son conceptos más amplios e inclusivos, como por ejemplo materia o elemento químico. Mientras

que los segundos son conceptos más particulares e inclusores, que se derivan de los generales. En relación a estos últimos, ampliamos la clasificación según los niveles de representación (*macroscópico, microscópico y simbólico*).

Se realizó una lectura de los programas, identificando las unidades relacionadas con el tema “materia”, para luego extraer y clasificar los conceptos presentes en contenidos, objetivos, actividades y evaluación. Cada unidad (concepto) fue aislada, analizada y categorizada en su contenido, según los tipos de concepto (diversidad) y frecuencia (amplitud). Para presentar los resultados se utilizaron mapas de distribución conceptual (continuidad/trayectoria), de los cuales se exponen extractos (Martín del Pozo, 2001; Pascual, Araceli y Sánchez, 2005). Por último, se desea señalar que se ha decidido abordar el tema “materia” dado que se inserta en el currículum de manera transversal en los cursos de enseñanza primaria y secundaria, constituyendo un eje vertebrador y, por lo tanto, es relevante para la comprensión de la química (Martín del Pozo 2001; Wobbe de Vos y Pilot, 2002; Liu y Lesniak, 2006; Garritz y Trinidad, 2006). En la figura 1 presentamos un ejemplo de análisis.

Resultados

a) De los conceptos cualitativos, cuantitativos, teorías y leyes (figura 2)

Los conceptos cualitativos presentan una alta diversidad, no obstante, a lo largo de la trayectoria formativa, se evidencia

Codificación, categorización y conteo de frecuencia programa de estudio de 2º Medio			
A partir de la siguiente reacción en solución:			
$HCl_{(ac)} + NaOH_{(ac)} \rightarrow NaCl_{(ac)} + H_2O_{(l)}$			
Escriba la ecuación iónica completa y la ecuación iónica neta de la reacción química en solución			
Concepto	Amplitud	Diversidad	
General:			
Reacción química $fr = 1$	1	1	
Simbólico:			
Fórmula química: HCl, NaOH, NaCl, H ₂ O $fr = 4$	4		
Símbolo químico: H, Cl, Na, O $fr = 9$	9		
Ecuación química: HCl + NaOH → NaCl + H ₂ O $fr = 1$	3	3	
– Ecuación iónica completa $fr = 1$			
– Ecuación iónica neta $fr = 1$			
Macroscópico:			
Disolución química $fr = 2$	2	2	
Líquido – acuoso $fr = 4$	4		
	Total	23	6

Figura 1. Ejemplo de codificación, categorización y conteo de frecuencia en una de las actividades sugeridas en el libro del programa de estudio de 2º Año Medio (fr = frecuencia).

una limitada continuidad para algunos de los conceptos cualitativos asociados a materia. En el tercer curso de primaria conceptos relacionados con materia están completamente ausentes, mientras que en otros cursos, dichos conceptos

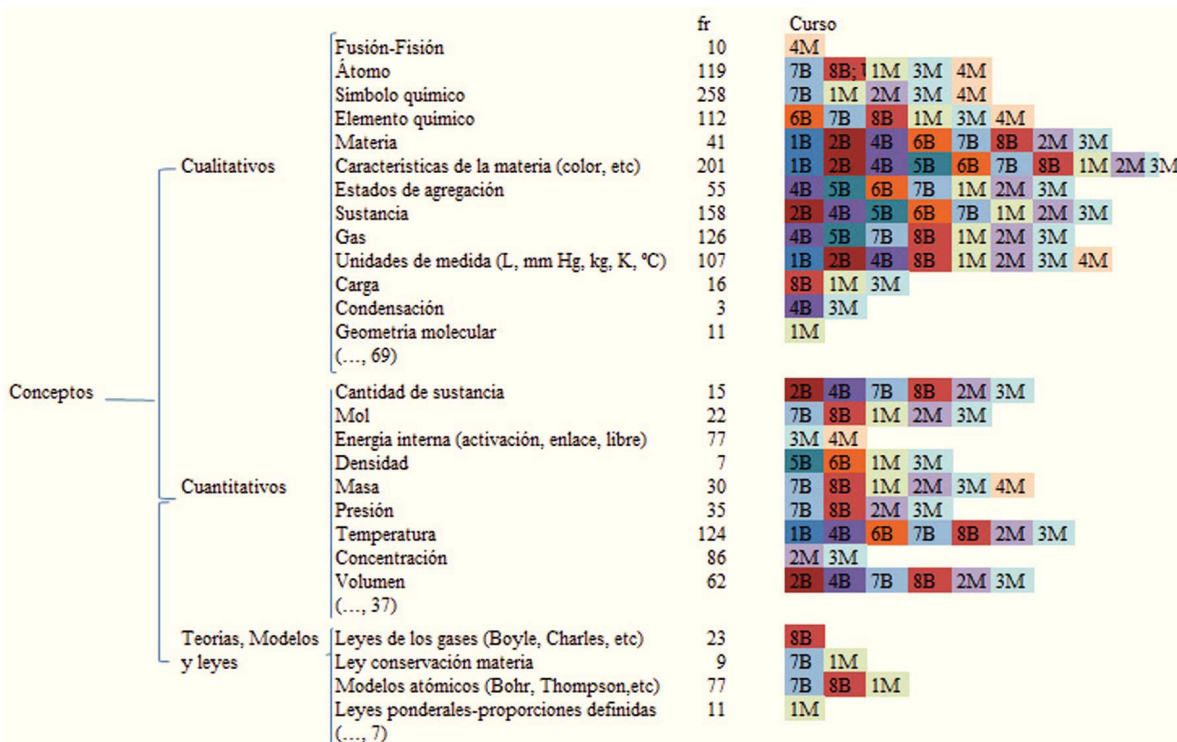


Figura 2. Mapa Distribución Conceptual Cuantitativo-Cualitativo. [Los números entre paréntesis indican la diversidad total para cada uno de los conceptos cualitativos, cuantitativos y teorías, modelos y leyes. Por ejemplo, los conceptos cualitativos incluyeron 69 conceptos diferentes, indicándose la frecuencia (fr) de algunos de ellos. A la derecha los grados en los que aparecen esos conceptos.]

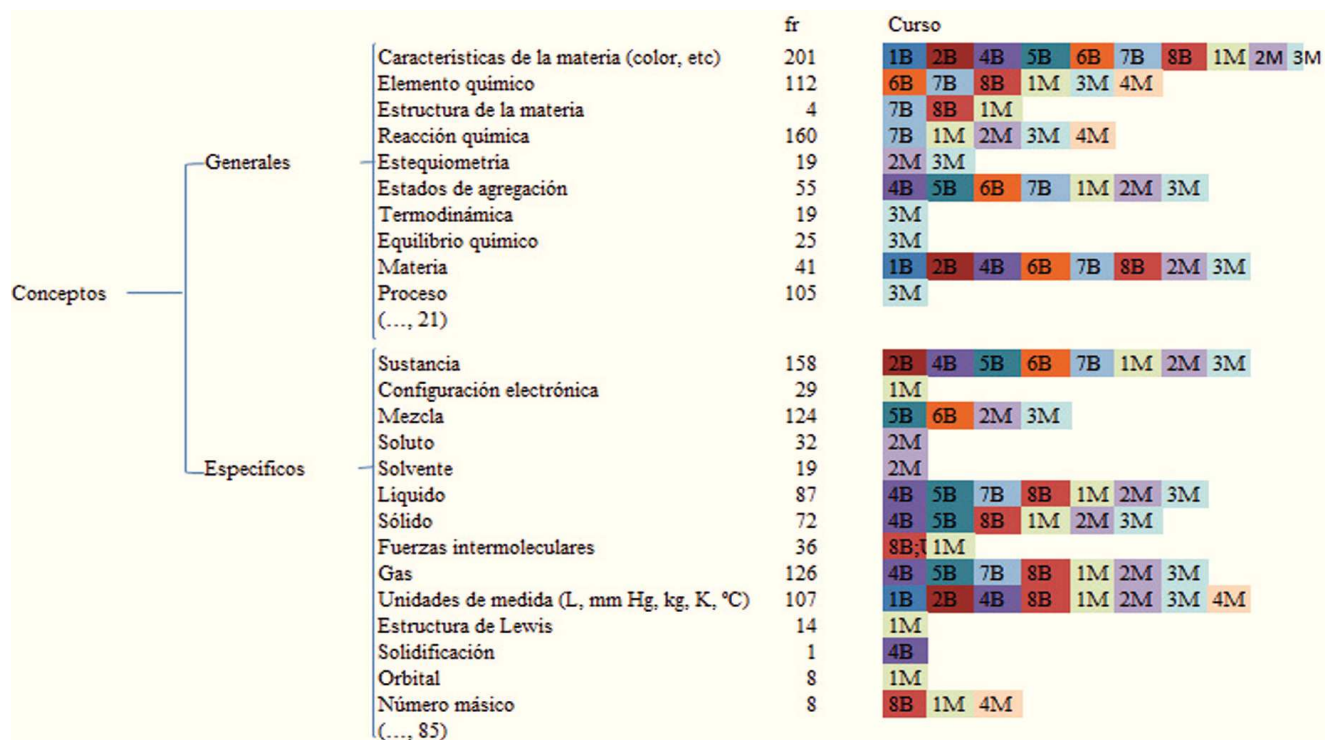


Figura 3. Mapa Distribución Conceptual Generales-Específicos.

tienen alta frecuencia y están en gran parte de la trayectoria. Por ejemplo, características físicas de la materia (201), sustancia (158) y gas (126). Además, hay conceptos como geometría molecular (11) y condensación (3), que están presentes en pocos cursos y tienen baja frecuencia.

Por otro lado, la diversidad de los conceptos cuantitativos es baja al igual que sus frecuencias, observándose conceptos relacionados con las propiedades extensivas e intensivas de la materia como masa (30) y temperatura (124), respectivamente. Este último concepto es el más abordado en la trayectoria, lo que contrasta con densidad (7) que tiene una baja frecuencia pese a ser tratado en cuatro cursos. Cabe destacar que el concepto de masa es presentado en séptimo de primaria, pese a que densidad aparece en quinto año. Ello plantea una incoherencia en la articulación vertical de los contenidos, ya que masa es un concepto más general que el de densidad. Sobre los conceptos relacionados con teorías, leyes y modelos, estos presentan una baja diversidad (7), destacando los modelos atómicos (77). Si bien son conceptos que pueden ser tratados de manera transversal en todos los cursos, solo se explicitan entre séptimo de primaria y tercero de secundaria, con una baja frecuencia que oscila entre los 9 y 23.

b) De los conceptos generales y específicos (figura 3)

En relación con los conceptos generales, apreciamos una alta diversidad y una discontinuidad aún mayor, exceptuando los conceptos de características de la materia (201), materia (41) y estados de agregación (55) que están presentes en la mayoría de los cursos de primaria y secundaria. En esta

línea, observamos conceptos como elemento químico (112) y reacción química (160) que poseen una alta frecuencia y son presentados al término de la enseñanza primaria. De esta manera, se aprecia una selección coherente con la disciplina, dado que los programas incluyen en años anteriores los conceptos necesarios para tratar otros más complejos. Por otra parte, también se distinguen conceptos presentes en un solo curso, como proceso (105), que teniendo una alta frecuencia se trata solo en tercer curso de secundaria.

Los conceptos específicos presentaron una mayor diversidad que los generales. Se observaron conceptos en varios de los cursos de primaria y secundaria, como sustancia. Sin embargo, también observamos conceptos que son presentados en un solo curso, tales como estructura de Lewis (14), fuerzas intermoleculares (30) y solidificación (1). Lo anterior plantea otra desarticulación en los contenidos conceptuales, pues estos no son presentados progresivamente. Por ejemplo, orbital y estructura de Lewis se mencionan solo en primero de secundaria, pese a que son conceptos que debiesen ser tratados nuevamente en tercer año de secundaria para que el estudiante pueda diferenciar los tipos de enlace. A lo anterior, se suma la ausencia del concepto de fuerzas intermoleculares entre segundo y tercer año de secundaria, conceptos necesarios para comprender los estados de agregación de la materia a nivel microscópico.

c) De los niveles macroscópico, microscópico y simbólico (figura 4)

El nivel macroscópico con una diversidad de 28 conceptos

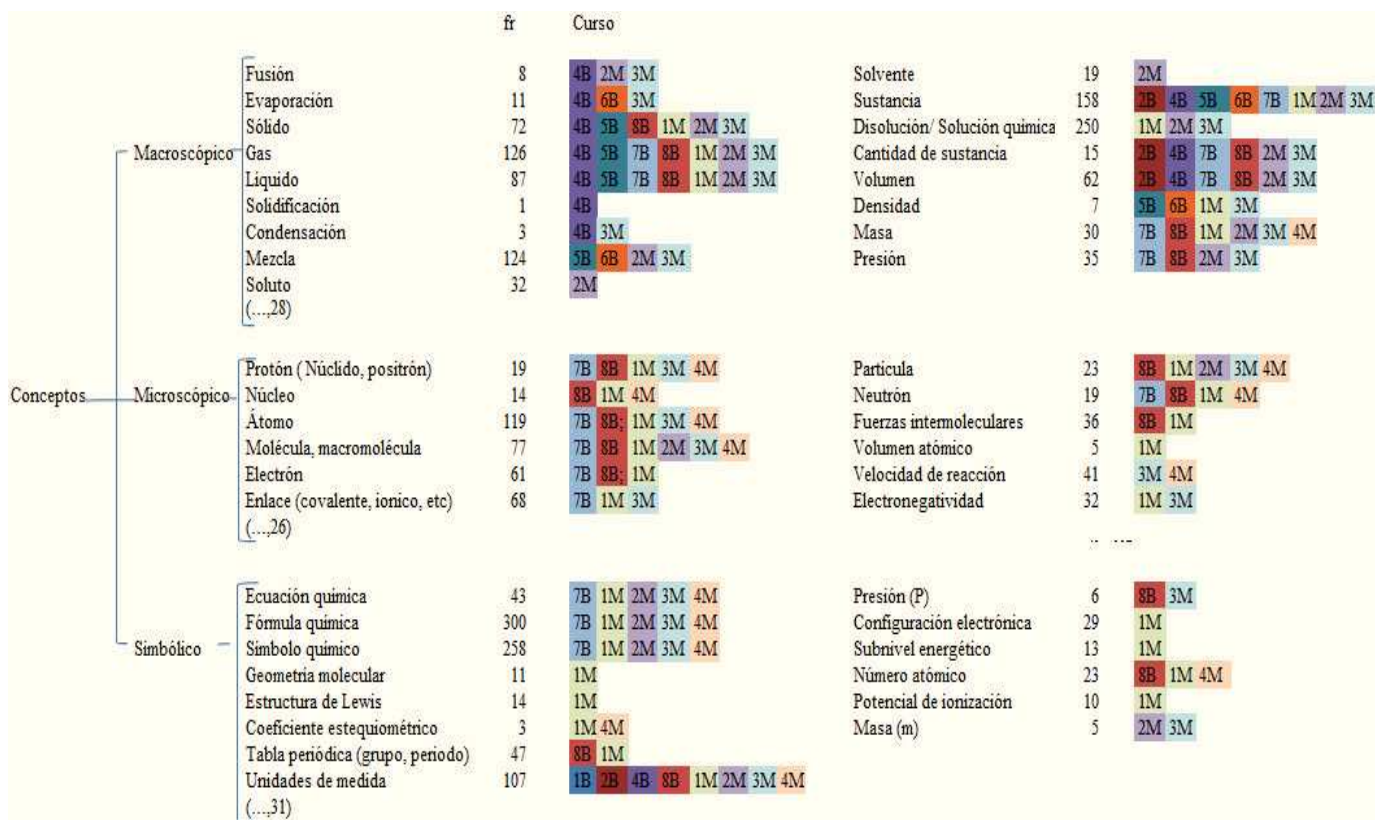


Figura 4. Mapa Distribución Conceptual Niveles de Representación.

y una alta frecuencia (1470), presenta continuidad en los conceptos asociados al estado de la materia, partiendo en cuarto curso de primaria y finalizando en tercero de secundaria. Sin embargo, los cambios de estado de la materia como solidificación (1), condensación (3), evaporación (11) y fusión (8) se muestran discontinuos en su selección, además de presentar una baja frecuencia. En la misma línea, los conceptos de mezcla (124) y disolución química (250) son tratados en quinto y sexto de primaria, para luego ser tratados nuevamente en segundo y tercer curso de secundaria, respectivamente. Es necesario destacar la discontinuidad de estos últimos, ya que si bien las disoluciones corresponden a mezclas homogéneas, éstas no son tratadas hasta segundo año de secundaria. Además, conceptos asociados, como soluto (32) y solvente (19) son tratados solo en segundo curso de secundaria, habiendo tratado el concepto de mezcla en quinto año de primaria.

A nivel microscópico encontramos una diversidad de 26 conceptos, todos relacionados con la estructura atómica y de una frecuencia total de 803. Los conceptos de átomo (119), molécula (77), electrón (61), protón (19), neutrón (19) y núcleo (14) son presentados por primera vez en séptimo de primaria y tratados de forma discontinua hasta cuarto curso de secundaria. Entendiendo que los conceptos microscópicos aquí indicados son más específicos (inclusores) y necesitan de otros más generales (inclusivos), se observa siempre una desarticulación. Es muy poco probable que el estudiante pueda comprender estados de agregación de la materia y en-

laces, sin integrar los conceptos de átomo, orbitales y fuerzas intermoleculares.

El nivel simbólico incorpora 31 conceptos con una frecuencia total de 1204. Las unidades de medida son tratadas tempranamente en el segundo curso de primaria hasta el tercero de secundaria, mientras que fórmulas (300) y símbolos químicos son concentrados entre primero y tercero de secundaria. Luego, las ecuaciones químicas (43) son tratadas en séptimo de primaria y retomadas en segundo de secundaria, lo cual plantea una dificultad evidente, en el sentido de lograr comprender las ecuaciones sin tratar las fórmulas y símbolos de los elementos que dan forma a la ecuación. De hecho, se observa una concentración de conceptos simbólicos (geometría molecular, estructura de Lewis, configuración electrónica) en primero de secundaria.

En resumen, la selección de los contenidos del programa de estudios aborda conceptos que van de lo general a lo particular y de lo concreto a lo abstracto, como por ejemplo, características de la materia y modelo atómico, lo cual indicaría, en primer término, una progresión. Sin embargo, se observan vacíos en la trayectoria formativa, tanto a nivel vertical como horizontal. Es decir, existe una fragmentación (discontinuidad) y una falta de integración conceptual. Desde el punto de vista disciplinar hay una presentación lógica, pero desde el punto de vista didáctico, aislar y concentrar conceptos y sus niveles de representación en algunos cursos de la trayectoria formativa, no promueve la comprensión y menos un aprendizaje progresivo.

Conclusión y discusión

Los programas de estudio presentan diversos conceptos (cuantitativos, cualitativos, generales y específicos), sin embargo, la mayoría son macroscópicos. Estos conceptos son tratados mayoritariamente en primaria, concentrando los microscópicos a finales de primaria y comienzos de secundaria. Todo ello plantea una trayectoria discontinua y una falta de articulación conceptual e integración de los niveles de representación.

Si bien los conceptos se presentan coherentes según la lógica de la disciplina, en su selección se desconoce la integración y la progresión, lo cual afectaría la comprensión conceptual y el aprendizaje del estudiante. Coincidimos con Johnstone (2000) en que para los primeros cursos el estudiante necesita de niveles más concretos y cercanos; sin embargo, también es importante proponer que los estudiantes establezcan redes conceptuales, adquiriendo conceptos más complejos (específicos) e interrelacionados con otros más generales (Benarroch, 2000; Ziad y BouJaoude, 2011). Lo anterior difícilmente podría ocurrir al concentrar los conceptos microscópicos en séptimo de primaria y los simbólicos al término de secundaria.

Los vacíos detectados en la integración del triplete químico dan cuenta de una fragmentación en la selección, lo cual no promueve una adecuada progresión para el aprendizaje, dando lugar a un diseño (planificación de la enseñanza) poco articulado de los conceptos y sus niveles de representación; a incoherencia entre las actividades, recursos y propósitos, y a mayores dificultades y obstáculos para identificar y evaluar dichas representaciones en el aula (Galagovsky, 2004; Espíndola y Campanini, 2012).

Finalmente, si lo que encontramos son vacíos e inconsistencias en la trayectoria de los programas de estudio de química, será necesario entonces incorporar los distintos niveles de representación y preparar a profesores y futuros profesores en el uso de dichos programas y en el diseño de estrategias de enseñanza que integren el triplete químico. En definitiva, lo que proponemos es declarar y hacer explícita la necesidad de entender cómo se interrelacionan cada uno de los conceptos (macroscópico, microscópico y simbólico) que incluyen un tema (materia) para luego enseñarlo, sobre todo para aquellas disciplinas de naturaleza más abstracta, como es la química.

Bibliografía

- Arana, A., González, F., Enriquecimiento conceptual progresivo. Una explicación teórica del proceso de desarrollo de los conceptos científicos, *Revista de Pedagogía*, **27**(79), 193-200, 2006.
- Benarroch, A., El desarrollo cognoscitivo de los estudiantes en el área de la naturaleza corpuscular de la materia, *Enseñanza de las Ciencias*, **18**(2), 235-246, 2000.
- Caamaño, A., Modelizar y contextualizar el currículum de química: un proceso en constante desarrollo. En: Izquierdo, M., Caamaño, A., y Quintanilla, M., *Investigar en la enseñanza de la química Nuevos horizontes: contextualizar y modelizar* (pp. 19-39). Barcelona, España: Universitat Autònoma de Barcelona, 2007.
- Collins, J., y O'Brien, N., *The Greenwood Dictionary of Education*. Santa Barbara, USA: Greenwood, 2011.
- Corcoran, T., Mosher, F., y Rogat, A., *Learning Progressions in Science. An Evidence-based Approach to Reform*. Filadelfia, Pensilvania, EUA: CPRE, 2009.
- Espíndola, C. y Campanini, O., Obstáculos en la evaluación diagnóstica. Una propuesta de superación mediante la identificación de modelos presentes en el curso, *Educación Química*, **23**(4), 484-491, 2012.
- Gabel, D., Improving Teaching and Learning through Chemistry. Education Research: A look to the future, *Journal of Chemical Education*, **76**(4), 548-554, 1999.
- Galagovsky, L., Del aprendizaje significativo al aprendizaje sustentable. Parte 1: El modelo teórico, *Enseñanza de las Ciencias*, **22**(2), 229-240, 2004.
- Garriz, A., y Trinidad-Velasco, R., Conocimiento pedagógico de la estructura corpuscular de la materia, *Educación Química*, **17**(extraord), 236-263, 2006.
- Garriz, A. y Talanquer, V., Las áreas emergentes de la educación química: naturaleza de la química y progresiones de aprendizaje, *Educación Química*, **23**(3), 328-330, 2012.
- Gilbert, J., y Treagust, D., *Multiple Representations in Chemical Education, Models and Modeling in Science Education: volume 4*. Londres, UK-Australia: Springer, 2009.
- Gillespie, R., Reforming the General Chemistry Textbook. *Journal of Chemical Education*, **74**(5), 484-485, 1997.
- González, C., Martínez, M., Martínez, C., Cuevas, K., y Muñoz, L., Educación científica como apoyo a la movilidad social. Desafíos en torno al rol del profesor secundario en la implementación de la indagación científica como enfoque pedagógico, *Estudios Pedagógicos*, **35**(1), 63-78, 2009.
- Johnstone, A., Teaching of chemistry-Logical or Psychological?, *Chemistry Education: Research and Practice in Europe*, **1**(1), 9-15, 2000.
- Johnstone, A. H., Why is science difficult to learn? Things are seldom what they seem, *Journal of Computer Assisted Learning*, **7**, 75-83, 1991.
- Liu, X., y Lesniak, K., Progression in children's understanding of the matter concept from elementary to high school, *Journal of Research in Science Teaching*, **43**(3), 320-347, 2006.
- Martín del Pozo, M., Lo que saben y lo que pretenden enseñar los futuros profesores sobre el cambio químico, *Enseñanza de las Ciencias*, **19**(2), 199-215, 2001.
- Matus, M., *Progresiones de aprendizaje en el área del enlace Químico. Análisis de Coherencia entre capacidades de los estudiantes y las representaciones usadas en los libros de texto*. Tesis Doctoral, Mendoza, Argentina: Universidad de Granada, 2009.
- Meza, A., Ramírez, L., Sánchez, B. y Zambrano, R., *Criterios de selección de contenidos curriculares y la forma de presentarlos en el aula*. Tesis Doctoral. Bogotá, Colombia: Pontificia Universidad Javeriana, 2009.
- Painho, M., Curvelo, P. y Jovani, I. An Ontological-based

- Approach to Geographic Information Science Curricula Design. En: S. Fabrikant y M. Wachowics, *The European Information Society. Leading the Way with Geo-information* (pp. 15-34). Berlín: Springer, 2007.
- Pascual, C., Araceli, M., y Sánchez, M., Análisis de la adaptación de los libros de texto de ESO al currículum oficial, en el campo de la química, *Enseñanza de las Ciencias*, **23**(1), 17-32, 2005.
- PISA. *Rendimiento de estudiantes de 15 años en ciencias, lectura y matemáticas*. Mineduc, Chile. Unidad de Currículum y Evaluación. 2006. En: <http://www.oei.es/evaluacioneducativa/PISA2006resumenejecutivo.pdf>
- PISA. *Resumen de resultados*. Mineduc, Chile. 2009. En: http://www.educacion2020.cl/sites/default/files/resumen_resultados_pisa_2009_chile.pdf
- Prieto, T., Blanco, A., y Brero, V., La progresión en el aprendizaje de dominios específicos: Una propuesta para la investigación, *Enseñanza de las Ciencias*, **20**(1), 3-14, 2002.
- Treagust, D., y Chandrasegaran, A., The efficacy of an Alternative Instructional Programme Designed to Enhance Secondary Students' Competence in the Triplet Relationship. En: Gilbert, J., DeJong, O., Justi, R., Treagust, D., y VanDriel, J., *Chemical Education: Towards Research-based Practice* (pp. 151-168). Nueva York, EUA: Kluwer Academic Publishers, 2009.
- Sosa, P., y Méndez, N., El problema del lenguaje en la enseñanza de los conceptos compuesto, elemento y mezcla, *Educación Química*, **1**(8), 44-51, 2011.
- Uribe, M., *Factores explicativos de los resultados de alfabetización científica en estudiantes de 15 años: Estudio basado en la medición PISA 2000*. Tesis doctoral. Santiago: Universidad Católica de Chile, 2009.
- Wobbe de Vos, A., y Pilot, A., Chemistry Curricula for General Education: Analysis and Elements of a Design. En: Gilbert, J., DeJong, O., Justi, R., Treagust, D., y VanDriel, J., *Chemical Education: Towards Research-based Practice* (pp. 101-124). Nueva York, EUA: Kluwer Academic Publishers, 2002.
- Ziad, L., y BouJaoude, S. A., Macro-Micro-Symbolic Teaching to Promote Relational Understanding of Chemical Reactions, *International Journal of Science Education*, **34**(7), 1-26, 2011.